ČOVJEČANSTVO PRED IZAZOVOM VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE

TOM IV

Čovječanstvo pred izazovom vještačke inteligencije, zbornik radova sa XI međunarodnog naučnog skupa održanog 19. maja/svibnja 2023. godine, Prvo izdanje

PRIREDILA
Dr. Albina Fazlović

IZDAVAČ:
EVROPSKI UNIVERZITET BRČKO DISTRIKT
049-590-605
www.eubd.edu.ba/

ZA IZDAVAČA
Akademik prof. dr. Nedeljko Stanković

RECENZENTI:

Akademik prof. dr. Miroslav Baljak
Akademik prof. dr. Ivan Balta
Akademik prof. dr. Rudika Gmajnić
Akademik prof. dr. Zoran Milošević
Akademik prof. dr. Nedeljko Stanković
Akademik prof. dr. Branko Vučković
Akademik prof. dr. Vesna Vučković

Prof. dr. Nenad Avramović
Prof. dr. Fahir Baraković
Prof. dr. Kemal Brkić
Prof. dr. Refik Ćatić
Prof. dr. Velimir Dedić
Prof. dr. Radenko Đurica
Prof. dr. Radoslav Galić
Prof. dr. Jerko Glavaš
Prof. dr. Nenad Kapor
Prof. dr. Esed Karić

Prof. dr. Azem Kožar
Prof. dr. Ranka Kubiček
Prof. dr. Branimir Marjanović
Prof. dr. Nusret Mujagić
Prof. dr. Nevenka Nićin
Prof. dr. Muhamed Omerović
Prof. dr. Stevo Pašalić
Prof. dr. Jasminka Sadadinović
Prof. dr. Hrustem Smailhodžić
Prof. dr. Mithat Tabaković
Prof. dr. Halid Žigić

Prof. dr. Hariz Agić
Prof. dr. Izet Banda
Prof. dr. Borko Baraban
Prof. dr. Alen Biskupović
Prof. dr. Anka Bulatović
Prof. dr. Mladen Dobrić
Prof. dr. Albina Fazlović

Prof. dr. Larisa Softić – Gasal
Prof. dr. Zlatko Kovačević
Prof. dr. Zijad Jagodić
Prof. dr. Nermin Mulaosmanović
Prof. dr. Jusuf Omerović
Prof. dr. Goran Popović
Prof. dr. Dobrila Regoje
Prof. dr. Tešo Ristić
Prof. dr. Kojo Simić
Prof. dr. Zvezdan Stojanović
Prof. dr. Miodrag Tojagić

Doc. dr. Dragana Aleksić
Doc. dr. Milomir Čodo
Doc. dr. Dario Galić
Doc. dr. Edin Kaletović
Doc. dr. Hrvoje Mesić
Doc. dr. Vesna Novak
Dr. sc. Ina Stašević

Dizajn korica:
Mr. Nemanja Smičiklas

Priprema za štampu i štampa:
Markos, Banja Luka

Tiraž: 300
ISBN *978-99955-99-71-3*

ČOVJEČANSTVO PRED IZAZOVOM VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE

ZBORNIK RADOVA SA XI MEĐUNARODNOG NAUČNOG SKUPA ODRŽANOG 19. MAJA/SVIBNJA 2023. GODINE

PRIREDILA
Dr. Albina Fazlović

Evropski univerzitet Brčko distrikt
Brčko, 2023.

NAUČNI ODBOR:

1. Akademik prof. dr. Nedeljko Stanković, **Republika Austrija**, predsjednik odbora,
2. Akademik prof. dr. Zoran Milošević, **Republika Srbija**, zamjenik predsjednika odbora,
3. Akademik univ. prof. dr. phil. dr. hc. dr. habil. Wolfgang Rohrbach, **Republika Austrija**,
4. Akademik prof. dr. Branko Vučković, **Republika Crna Gora**,
5. Akademik prof. dr. Miodrag Simović, **Bosna i Hercegovina**,
6. Akademik prof. dr. Zdravko Ebling, **Republika Hrvatska**,
7. Akademik prof. dr. Rudika Gmajnić, **Republika Hrvatska**,
8. Akademik prof. dr. Mladen Bodiroža, **Bosna i Hercegovina**,
9. Akademik prof. dr. Dževad Termiz, **Bosna i Hercegovina**,
10. Akademik prof. dr. Branislava Peruničić-Draženović, **Sjedinjene Američke Države**,
11. Akademik prof. dr. Muhammad Abdul Aziz Al Baker, **Država Katar**,
12. Akademik prof. dr. Fernando Maldonado Lopez, **Portugalska Republika**,
13. Akademik prof. dr. Ivan Balta, **Republika Hrvatska**,
14. Akademik Prof. DDDr. Habil. Aleksios Panagopoulos, **Republika Grčka**,
15. Akademik prof. dr. Branimir Mikić, **Bosna i Hercegovina,**
16. Prof. dr. Radoslav Galić, **Republika Hrvatska,**
17. Prof. dr. Joseph Vincent Thakuria, **Sjedinjene Američke Države**,
18. Prof. dr. Astrid Wilk, **Republika Francuska**,
19. Prof. dr Mirko Kulić, **Republika Srbija**,
20. Prof. dr. Vladimir Džatijev, **Ruska Federacija**,
21. Prof. dr. Viktor Mischenko, **Ruska Federacija**,
22. Prof. dr. Kiril Shevchenko, **Republika Bjelorusija**,
23. Prof. dr. Harikumar Pallathadka, **Republika Indija**,
24. Dr. hc. Thokchom Radheshyam Singh, **Republika Indija,**
25. Prof. dr. Gideon C Mwanza, **Republika Zambija**,
26. Prof. dr. Aleksandar Anatoljevič Prigarin, **Republika Ukrajina**,
27. Prof. dr. Miroslav Daniš, **Slovačka Republika**,
28. Prof. dr. dr. hc. Stephan Truly Busch, **Savezna Republika Njemačka**,
29. Prof. dr. Antoni Mironovič, **Republika Poljska**,
30. Prof. dr. Danilo Kapaso, **Republika Italija**,
31. Prof. dr. Jasminka H. Halilović, **Bosna i Hercegovina**,
32. Prof. dr. Šaćira Mešalić, **Bosna i Hercegovina**
33. Prof. dr. Žarko Kostovski, **Republika Sjeverna Makedonija**,
34. Prof. dr. Dragan Tančić, **Republika Srbija**,
35. Prof. dr. Marija Ovsenik, **Republika Slovenija.**

ORGANIZACIONI ODBOR:

1. Akademik prof. dr. Vesna Vučković,
2. Prof. dr. Izet Banda,
3. Prof. dr. Fahir Baraković,
4. Prof. dr. Kemal Brkić,
5. Prof. dr. Anka Bulatović,
6. Prof. dr. Esed Karić,
7. Prof. dr. Jasminka Sadadinović,
8. Prof. dr. Mithat Tabaković,
9. Prof. dr. Halid Žigić,
10. Prof. dr. Adi Rifatbegović,
11. Prof. dr. Dragan Bataveljić,
12. Prof. dr. Refik Ćatić,
13. Prof. dr. Nevenka Nićin,
14. Prof. dr. Omer Pinjić,
15. Prof. dr. Sanda Pribić,
16. Prof. dr. Dobrila Regoje,
17. Prof. dr. Kojo Simić,
18. Prof. dr. Izudin Tanović,
19. Prof. dr. Jelena Šogorov,
20. Prof. dr. Albina Fazlović,
21. Prof. dr. Nenad Kapor,
22. Prof. dr. Helena Sablić Tomić,
23. Prof. dr. Hrvoje Mesić,
24. Doc. dr. Borko Baraban,
25. Dr. Nebojša Potkonjak,
26. Mr. Nemanja Smičiklas,
27. Mr. Marijana Džombić,
28. Mr. Merima Gigović,
29. Mr. Almina Kuduzović,
30. Mr. Amela Ibričić Nišić.

Sadržaj

Prof. dr. Halid Žigić Doc. dr Dejan Miljanović	VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA-PREGLED PODRUČJA I PRIMJERI PRIMJENE	11
Dr. sc. Venco Ćorluka Prof. dr. Željko Hederić	INTELLIGENT SYSTEMS FOR DETECTING ISOLATOR FAILURES IN POWER DISTRIBUTION NETWORKS	27
Prof. dr. Josip Spišić Prof. dr. Matko Zrnić Prof. dr. Drago Žagar	ZAHTJEVI I MOGUĆNOSTI OBRADE AGROMETEOROLOŠKIH PODATAKA	37
DI Alois Riegler, MSc	ROBOTIK IN DER LANDWIRTSCHAFT	44
Prof. dr. Hrustem Smailhodžić	FIZIKALNI SENZORI U FUNKCIJI VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE	61
Prof. dr. Rahman Nurković	DIGITALNA TRANSFORMACIJA POLJOPRIVREDE U RURALNIM PODRUČJIMA BOSNE I HERCEGOVINE	71
Prof. dr Lazo Roljić	EKSPERTNI SISTEM MINCP KAO PODRŠKA VOĐENJU NACIONALNE EKONOMSKE POLITIKE	80
Prof. dr. Franjo Jović	PROSTORNA INFORMACIJA U UMJETNOJ INTELIGENCIJI – MJERA, DOSEG I PROJEKTIRANJE	91
MSc Mirjana Vasiljević MSc Vladimir Milosević Prof. dr Nenad Kapor	MODELING OF AIRCRAFT PERFORMANCE	106

Al-Mamoori Mousa Doc. dr Dragan Vasiljević Doc. dr Julijana Vasiljević	TIME BASED NAVIGATION IN U-SPACE ENVIRONMENT	115
Prof. dr Radenko Đurica Doc. dr Darko Vaselić Mr. sci Gorana Tomanović	VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA U FUNKCIJI UNAPREĐENJA KONTROLE HRANE KONTAMINIRANE MIKOTOKSINIMA	125
Проф. др Витомир Т. Миладиновић Проф. др Драгутин Јовановић Маст. инж. Драгана Рошуљ	ПРАЋЕЊЕ И АНАЛИЗА КОНТЕКСТА ТРАНСПОРТНЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ ПРИМЕНОМ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ	137
Mr Lazar Mosurović Dr Boris Gara Prof. dr Mile Petrović	PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE ZA DIJAGNOSTIKU STANJA ŽELEZNIČKIH PRUGA	155
Dr Dragan Ugrinov Dr Magdalena Nikolić	MOGUĆNOST KORIŠĆENJA GIS-A U UPRAVLJANJU INFEKTIVNIM MEDICINSKIM OTPADOM	166
Doc. dr Darko Manjenčić Prof. dr Vladan Mićić Anja Manjenčić	PROJEKTOVANJE STRUKTURE SILIKONSKIH NANOKOMPOZITNIH MATERIJALA KOJI IMAJU PRIMENU U VEŠTAČKOJ INTELIGENCIJI	175
Dr sc. Nurdin Ćehajić Mr. sc. Ramiz Fehratović	PRIMJENA METAHEURISTIČKIH METODA ZA OPTIMIZACIJU PARAMETARA ENERGETSKIH SISTEMA	190
Goran Radić Prof. dr Velimir Dedić Prof. dr Svetlana Anđelić	PRIMENA MAŠINSKOG UČENJA NA PROBLEM ZAVISNOSTI OD INTERNETA U POPULACIJI STUDENATA	207

Prof. dr Goran Popović Prof. dr Goran Đukanović	UNAPREĐENJE MODELA VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE ZA OPTIMIZACIJU BEŽIČNIH SENZORSKIH MREŽA PRIMJENOM ALGORITMA SIVOG VUKA	215
Prof. dr Zvezdan Stojanović	PAMETNI GRAD	230
Doc. dr Miro Maksimović Rajko Đorojević	UPOTREBA DRONOVA ZA SNIMANJE ŠUMA I URAĐENE BIOLOŠKE REKULTIVACIJE POŠUMLJAVANJEM	240
Предраг Милошевић Prof.dr Zvezdan Stojanović Доц. др Владан Боровић	ИНТЕЛИГЕНТНИ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ	251
Prof. dr. sc. Zijad Jagodić	RAZVOJ PROMETNE ROBOTIKE I UMJETNE INTELIGENCIJE U SVJETLU REZOLUCIJE EVROPSKOG PARLAMENTA (2017)	261
Prof. dr Mladen Dobrić MSc Filip Dobrić	PERSPEKTIVA RAZVOJA AUTOMOBILA NA ELEKTRIČNI POGON	273
Doc. dr. sc. Marko Amidžić Prof. dr Zoran Čeganjac Doc. dr Goran Popović	PRIMJENA BIG DATA I DIGITALNIH PLATFORMI ZA OBRADU INFORMACIJA U PROMETNOJ LOGISTICI	282
Doc. dr Milanko Stančić	MJERENJE BRZINE VOZILA U CILJU DOKAZIVANJA SAOBRAĆAJNOG PREKRŠAJA	293
Dr. sc. Vesna Novak Sunčica Novak Krešimir Novak	UMJETNA INTELIGENCIJA – IZAZOV ODGOJA I OBRAZOVANJA VOZAČA	308

Prof. dr. Miodrag Tojagić Goran Kojić Marković Bojan	ADAPTIBILNI SISTEMI ZA UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM	319
Akademik prof. dr Snežana Komatina Mr Una Petrović	VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U INDUSTRIJI NAFTE I GASA	337
Prof. dr. sci. Zlatko Kovačević	MJESTO I ULOGA VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU DANAS U SVIJETU I KOD NAS	345
MSc. Haris Berkovac Prof. dr Kovijanić Tijana Prof. dr. Adis Rahmanović Doc. dr. Maid Omerović	MOGUĆNOSTI I IZAZOVI PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U KOORDINACIJI SA IKT TEHNOLOGIJAMA	355
Doc. dr. Enes Mujić	ROBOTI I NJIHOVA PRIMJENA PRI ZAVARIVANJU	371
Prof. dr Jasmina Mijajlović	PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U POLJOPRIVREDI	385
Doc. dr Petar Stevanović Dr Vera Popović	SAVREMENE INOVACIJE U POLJOPRIVREDI U ODNOSU NA ALTERNATIVNU POLJOPRIVREDNU PROIZVODNJU	395
Doc. dr Dejan Miljanović Prof. dr Dragan Vasiljević	PRIMJENA VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE I MAŠINSKOG UČENJA U BEŽIČNOJ PRISTUPNOJ MREŽI	407
Doc. dr. sc. Dario Galić, prof. Doc. dr. sc. Anita Katić, prof.	KLIMATSKE PROMJENE	415

Doc. dr Budimir Tojagić	VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U GRAĐEVINARSTVU	433
Проф. др Срђан Љубојевић Doc.dr Dejan Miljanović Проф. др Срђан Димић Доц. др Тибор Фазекаш	ПРИМЕНА ВЕШТАЧКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА ПРИ ИЗБОРУ РУТЕ ЗА ТРАНСПОРТ ОПАСНЕ РОБЕ	451
Gerhard Wilfinger	AUTOMATISATION IN DER NUTZTIERHALTUNG	465
Dr Zdravko Vučićević Mr Dino Hodžić	ANALIZA OSJETLJIVOSTI ARMATURNOG ČELIKA NA TEMPERATURNE PROMJENE U USLOVIMA POŽARNE UGROŽENOSTI	485
Александар Ивковић Борис Рибарић Msc Димитрије Ивковић	УПОТРЕБА МРЕЖЕ МОБИЛНЕ ТЕЛЕФОНИЈЕ ЗА ЗЕМАЉСКУ НАВИГАЦИЈУ БЕСПИЛОТНИХ И ДАЉИНСКИ ПИЛОТИРАНИХ ЛЕТЕЛИЦА	499
Violeta Lukić-Vujadinović Branimir Miletić Velibor Peulić	VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA U AUTOMOBILIMA U FUNKCIJI BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA SA POSEBNIM OSVRTOM NA BEZBJEDNOST MLADIH VOZAČA	514
Mr. sc. Elvir Čajić	RAZLIČITE PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE SA POSEBNIM OSVRTOM NA MOGUĆNOST PRIMJENE U OBRAZOVANJU	530
Valentina Bozoki	PAMETNI TEKSTILNI MATERIJALI: BUDUĆNOST KOJA JE VEĆ STIGLA	546

Đorđe Maroš	PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U ENERGETSKOM SEKTORU	559
Dejan Bajić	SAVREMENE METODE KONSTRUISANJA 3D MODELA	567
Maida Mušanović	KADA SVIJETOM ZAVLADAJU AUTONOMNA VOZILA	578
Dinela Mehić Džino Jefto Kovijanić Tijana	VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA I SIMULACIJA, KONCEPTI I OBLASTI PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE	587

Prof. dr. Halid Žigić[1] Doc.
dr Dejan Miljanović[2]

Pregledni rad
UDK 007.52:004.891

VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA- PREGLED PODRUČJA I PRIMJERI PRIMJENE

Sažetak

U radu su obrađeni primjeri korištenja vještačke inteligencije. Danas u svijetu u poplavi podataka i informacija primjena vještačke inteligencije je sve značajnija. Posebna pažnja se posvećuje primjeni vještačke inteligencije u različitim oblastima tehnike, tehnologije, uprave, zdravstva, ekonomije, poljoprivrede i obrazovanja.

To uključuje istraživanja u oblasti inteligentnih sistema i neuronskih mreža. Naročito je istaknut Google, najveći komercijalni sistem vještačke inteligencije. Pomenuta su nova istraživanja inspirisana radom mozga.

Na kraju su navedene oblasti istraživanja vještačke inteligencije u godinama koje dolaze.

Ključne riječi: vještačka inteligencija, neuronske mreže, saobraćaj, uprava, ekonomija, zdravstvo, poljoprivreda, informacione tehnologije, obrazovanje.

Abstract

In this paper applications of using artificial intelligence are discussed. Today in the world full of documents and informations, application of artificial intelligence is very useful. Special attention is given to the application of artificial intelligence in different fields of technology, technique, health, administration, economy, agriculture and education.

That includes more searching in the field of intelligence systems and neural networks.

Especially prominent is Google, the biggest commercial system of artificial intelligence. There are new searchings inspired by the human brain mentioned. In the end, fields or research about artificial intelligence in the years that are coming are also mentioned.

Key words: artificial intelligence, neural networks, traffic, administration, economy, health, agriculture, information technology, education.

[1] Evropski univerzitet Brčko distrikt, e-mail: halid_zigic@hotmail.com

Uvod

Vještačka inteligencija jeste sposobnost digitalnog računara ili računarski-kontrolisanoga robota da izvodi zadatke obično povezane uz inteligentna bića. Polje vještačke inteligencije, pokušava razumjeti inteligentne entitete. Jedan od razloga za proučavanje ovog područja je to da bolje razumijemo sebe. Međutim, za razliku od filozofije ili psihologije, koje također proučavaju inteligenciju, polje vještačke inteligencije teži izgradnji umjetnih entiteta, kao i njihovom razumijevanju. "Vještačka inteligencija propituje jednu od konačnih zagonetki. Kako je moguće da spor, maleni mozak, biološki ili elektronički, može percipirati, razumjeti i predviđati svijet, te manipulirati svijetom mnogo većim i mnogo kompleksnijim nego što je on? Kako da izgradimo nešto s takvim svojstvima? Ta su pitanja teška, ali, za razliku od putovanja brzinom većom od brzine svjetlosti ili antigravitacijskog uređaja, istraživač na području vještačke inteligencije ima čvrste dokaze da je zadatak moguće ostvariti. Sve što trebamo učiniti je pogledati u ogledalo da bismo vidjeli primjer inteligentnog sistema Dva su osnovna cilja kojima teži većina prirode inteligencije ili onoga što psiholozi nazivaju g-faktor u testovima inteligencije (pokušaj da se izmjeri generalna inteligencija koja se prostire kroz različite domene ljudskog djelovanja). Oba cilja imaju u svojoj biti potrebu za definisanjem pojma inteligencije.[2]

1. Kratka istorija vještačke inteligencije

Vještačka inteligencija kao samostalna informatička disciplina prvi puta je promovisana na znamenitoj konferenciji The Dartmouth Summer Research Conference on Artificial Intelligence organizovanoj u Dartmutu (Sjedinjene Američke Države), 1956. godine. Tada je predloženo, od strane Džona Makartija, i samo ime istraživanja vještačke inteligencije. Prvi, najvažniji cilj, je **izgradnja inteligentnih mašina.** Drugi cilj je shvatanje ove naučne discipline. Konferencija je trajala mjesec dana i bila je prije svega usmjerena ka profilisanju nove oblasti. Konferenciju su organizovali Džon Makarti (John McCarthy), Marvin Minski (Marvin Minsky), Natanijel Ročester (Nathaniel Rochester) i Klod Senon (Claude Shannon). U početnim godinama, pa i decenijama, nizali su se uspjesi nove oblasti, a očekivanja su rasla još i brže – ranih šezdesetih, na primjer, „mislilo se da je nešto poput računarskog vida pogodno za ljetnji projekat studenta master studija". Minski je 1967. godine izjavio da će problem kreiranja vjetačke inteligencije biti riješen u okviru jedne generacije. Ta velika očekivanja ovjekovečena su već šezdesetih i sedamdesetih godina u naučno-fantastičnim filmovima i knjigamau kojima računar nadmašuje čovjeka u svim intelektualnim aktivnostima. Vještačka inteligencija postala je i polje preko kojeg se stremilo nadmoći u tadašnjem hladnom ratu između Zapada i Istoka. Osamdesetih godina počelo je da dominira shvatanje da su očekivanja od vještačke inteligencije bila previsoka. Fondovi za istraživanja počeli su da se smanjuju i nastupila je takozvana „zima vještačke inteligencije". Devedesetih godina dvadesetog vijeka vještačka inteligencija je ponovo privukla pažnju čitavog svijeta: računari su pobijedili svjetskog prvaka u šahu i dokazali teoreme koje čovjek nije ranije uspijevao da dokaže.

Bilo je i drugih uspjeha, da bi se u dvadeset prvom vijeku javio talas izuzetno uspješnih sistema zasnovanih na „dubokom učenju" – **sistema koji su uspješno vršili prepoznavanje lica na fotografijama, prevođenje prirodnih jezika, navigaciju vozila** i drugo. Vještačka inteligencija danas je skoro sveprisutna, a opšte je uvjerenje da će se ta sveprisutnost u budućnosti dalje proširivati i produbljivati.[3]

---

[2] Kovač Lorena (2022) Diplomski rad, Filozofski fakultet Rijeka str. 8

[3] Predrag Janičić, Mladen Nikolić (2022), Vještačka inteligencija,Matematički fakultet Beograd str.7

2. Neuronske mreže

Tačan način na koji mozak omogućuje misao jedna je od najvećih misterija nauke. Hiljadama godina je poznato kako snažan udarac u glavu može dovesti do nesvjestice, privremenog gubitka pamćenja ili trajnog gubitka mentalnih sposobnosti. To je dalo naslutiti kako je mozak na neki način povezan sa razmišljanjem. Poznato je da je neuron ili živčana stanica osnovni funkcionalni dio tkiva živčanog sistema, uključujući mozak. Svaki neuron sastoji se od tijela stanice, koji se još naziva **soma** i u kojem je smještena stanična jezgra. Iz tijela stanice dalje se granaju brojna vlakna koja se nazivaju **dendriti** i jedno najduže vlakno koje se naziva **akson.** Dendriti se granaju u grmolike mrežaste strukture oko stanice dok se akson produljuje na veću udaljenost - obično do jednog centimetra (to je 100 puta veće od prečnika tijela stanice), a ponekad u ekstremnim slučejevima i do jednog metra. Na kraju, akson se također grana u strukture i podstrukture koje su povezane sa dendritima i staničnim tijelima drugih neurona. Povezane spojnice neurona nazivaju se **sinapse**. Svaki neuron formira sinapse s ostalim neuronima, a može ih biti nekoliko desetina do nekoliko stotina hiljada. Obično se neuron nalazi u stanju mirovanja, a signal koji prima je u obliku **elektrohemijskog pulsa** koji do njega dolazi putem dendrita od ostalih neurona. Svaki puls mijenja električni potencijal tijela stanice – neki od dendrita doprinose signalnom potencijalu (nazivaju se **uzbuđujući**), dok ga neki umanjuju (nazivaju se **inhibitorni**). Ukoliko ukupni signal na dendritima u bilo kojem trenutku dostigne vrijednost praga, tada će stanica ispaliti elektrohemijski puls koji se još naziva **akcijski potencijal** u svoj akson odnosno u ostale neurone kako bi se i oni nakon toga pobudili. Kratko nakon toga neuron se vraća u stanje mirovanja i čeka da se ponovo izgradi puls na njegovim dendritima. Obrnuto, ako nije postignuta vrijednost praga, tada neuron neće okinuti. To je sve ili ništa proces u kojem neuron ili okida ili takva struktura nastaje djelimično iz genetskih razloga, zavisno od građe mozga predaka, a djelimično razvojem individue kroz životna iskustva. Kako osoba uči, veze akson – dendrit jačaju u njenom mozgu (pozitivno) ili slabe (negativno) i tako čine da se osoba manje ili više ponaša na određeni način. Tako je mozak izuzetno plastičan na način da se prilagođava i funkcionira drugačije ovisno o uzorcima signala koje prima i nagradama ili kaznama koje su s tim povezani. Kada činimo nešto ispravno, kao odgovor na određeni događaj, znači da će neuronski putevi uključeni u odlučivanje jačati, tako da idući put kada se pojavi isti događaj mozak vjerovatnije izvodi sličan odabir. Istodvremeno, ako se kao odgovor na određeni događaj nešto čini neispravnim, tada neuronski putevi uključeni u taj odabir slabe. Na taj način će mozak činiti manje pogrešaka. Opća definicija mogla bi glasiti: **Neuronska mreža** je skup međusobno povezanih jednostavnih procesnih elemenata, jedinica ili čvorova, čija se funkcionalnost temelji na biološkom neuronu. "Neurofiziološka istraživanja, koja su nam omogućila bolje razumijevanje strukture mozga, daju naslutiti da je modelu mozga najsličniji model u kojem brojni procesni elementi podatke obrađuju paralelno. Područje računarstva koje se bavi tim aspektom obrade informacija zovemo **neuro-računarstvo**, a paradigmu obrade podatka **vještačkom neuronskom mrežom** (engl. Artifical Neural Network)".

Kada upoređujemo mozgove sa digitalnim računarima, oni odrađuju veoma različite zadatke i imaju veoma različita svojstva. Čipovi u računarima mogu izvoditi naredbe u desecima nanosekundi, dok neuroni za paljenje trebaju mikrosekunde. Mozgovi to nadoknađuju više nego dobro, time što su svi neuroni i sinapse simultano aktivni, dok današnji računari imaju jednu ili svega nekoliko CPU-a. Neuronska mreža koja radi na serijskom računaru zahtjeva stotine ciklusa kako bi odlučila hoće li neuronu slična jedinica ispaliti signal ili neće dok u pravom mozgu svi neuroni to čine u jednom koraku. Tako, iako su računari milijun puta brži u sirovoj brzini okidanja, mozak je na kraju milijun puta brži u onome što radi.

2. Vještačka inteligencija u svakodnevnom životu

U nekim situacijama nismo ni svjesni da nam određene usluge omogućava vještačka inteligencija kako bi se obezbijedio bolji život ljudi.

3.1. Internetska kupovina i oglašavanje

Vještačka inteligencija u širokoj je upotrebi za pružanje personaliziranih preporuka, na primjer na temelju prethodnih pretraga i kupovini ili drugih oblika ponašanja na internetu. Vještačka inteligencija jako je važna u trgovini, kod optimizacije proizvoda, planiranja inventara, logistike itd.
Na oglašavanje, kao način komuniciranja vrijednosti proizvoda i/ili usluga, odnosno brenda potencijalnim kupcima, treba gledati kao na neophodan dio uspješnosti poslovnog poduhvata! Postoje različiti vidovi oglašavanja, a online oglašavanje, ili kako se još naziva **internet marketing** ili i-marketing, web marketing, internet oglašavanje. eMarketing, je oglašavanje proizvoda i/ili usluga putem Interneta. U današnje vrijeme kada se većina populacije u svijetu informiše putem Interneta, veoma je bitno uključiti se u taj fenomen i spoznati što više o istom.[4]

Izvor: Klix.ba (Internet 31.01.2023.g u 21.00 sati)

3.2. Pretraživanje interneta

Pretraživači uče iz velikog unosa podataka njihovih korisnika kako bi pružili relevantne rezultate pretraživanja. Internetski preglednik odnosno web preglednik, web browser ili internet browser je program koji korisniku omogućuje **pregled web stranica i multimedijalnih sadržaja** vezanih uz njih. Iz jednog od njih trenutno čitate ovaj tekst.
Svi internetski preglednici su i grafički programi, jer osim teksta mogu prikazivati i vizualne sadržaje. Osim grafičkih postoje i tekstualni preglednici koji mogu prikazivati samo tekst, najpoznatiji su Links i Lynx. Postoje i specijalizirani govorni preglednici za slijepe osobe.

Najpopularniji preglednici danas su:

Google Chrome – besplatan preglednik tvrtke Google
Firefox – besplatan preglednik otvorenog koda
Opera – besplatan preglednik zatvorenog koda tvrtke Opera

[4] https://marketing fancier(pristup 10.02.2023.g u 10.00 sati)

Internet Explorer – besplatan preglednik zatvorenog koda tvrtke Microsoft
Microsoft Edge – besplatan preglednik zatvorenog koda tvrtke Microsoft
Safari – besplatan preglednik firme Apple[5]

Izvor: Nezavisne novine 21.10.2021.g

3.3. Digitalni osobni asistenti

Pametni telefoni koriste vještačku inteligenciju kako bi osigurali što relevantniji i personaliziraniji proizvod. Virtualni asistenti koji odgovaraju na pitanja, daju preporuke i pomažu u organizaciji dnevnih obaveza postali su sveprisutni u našim životima. Pametni telefoni (eng. smartphone) postaju sve popularniji, a sve je više korisnika koji se odlučuju na kupnju pametnog telefona za svoju mobilnu komunikaciju. Pametni telefoni nude više mogućnosti od klasičnih telefona, a jedan od razloga njihove popularnosti je proširivanje mogućnosti uređaja dodavanjem novih aplikacija. Pametni telefoni su prisutni na tržištu mobilnih telefona već duže vrijeme. No, pravu popularnost stekli su pojavom Appleovog iPhone pametnog telefona i Googleovog operacijskog sistema Android.[6]

[5] https://www.theverge.com/2017/12/19/16797358/microsoft-google-chrome-windows-store-removal(pristup 10.02.2023.g u 10.30 sati)
[6] Brad Reed: A Brief History of Smartphones, http://www.pcworld.com/article/199243/a_brief_history_of_smartphones.html, lipanj 2010.

Izvor: Bljesak info 02.05.2019.g u 23.00 sati

3.4. Mašinsko prevođenje

Majkrosoft je 2012.g.održao konferenciju na kojoj je predstavljeno mašinsko prevođenje govora. Govornik je pričao na engleskom jeziku, a prevod na mandarinski je prvo bio ispisan na velikom ekranu, a zatim se čuo kao kompjuterski generisan glas. Nakon prevoda svake rečenice, uslijedio bi buran aplauz. Opšti utisak je bio da je konačno pronađen **univerzalni prevodilac** nalik onome koji se koristio za intergalaktičku komunikaciju u Zvjezdanim stazama. U nekoj daljoj budućnosti možda će računari moći prevoditi jednako kvalitetno kao ljudi. Već se razvijaju mašine koje uče jezik „prirodnim" putem tako što se izlažu masovnim količinama jezičkih podataka. Računar Votson kompanije IBM uspio je da nadmaši pobjednike najpoznatijeg američkog kviza znanja Džepardi. No, tu već zalazimo u domen **vještačke inteligencije** koja bi, kada dođe vrijeme za to, mogla da zamjeni mnoge profesije. Softver za prevođenje uz pomoć vještačke inteligencije osigurava i poboljšava prevode. To se odnosi i na funkcije kao što je automatizovano titlovanje.[7]

Izvor: A fine WordPress.com site 16.05.2014.g. u 12.00 sati (autor:Jasmina Jovanović)

3.5. Pametni domovi, gradovi i infrastruktura

Pametni gradovi se mogu definirati kao urbana područja koja koriste različite vrste elektroničkih senzora za prikupljanje podataka kako bi se osigurale informacije za upravljanje imovinom i resursima, dok ne mora nužno biti grupacija pametnih domova. Podaci se mogu skupljati na različite načine – od građana, njihovih uređaja, gradskih uređaja te drugih poslovnih prijemnika. Ti se podaci potom obrađuju i analiziraju te se prati i upravlja saobraćajnim i transportnim sistemima, elektranama, vodosnabdijevanjem, policijom, informacijskim sistemima, školama, knjižarama, bolnicama te mnogim drugim ustanovama.

[7] Brigham, N. Global Communications and the Global Language Divide: Implications of New Translation Technologies. Midterm paper, 2000.

Pametni termostati uče iz našeg ponašanja kako bi uštedjeli energiju, a programeri se nadaju da će u pametnim gradovima moći regulisati sve životne tokove i probleme.[8]

Izvor: Autegra 26.10.2020.g. u 23.00 sati

3.6. Automobili

U današnjim automobilima sve je više raznih gedžeta i aplikacija koje služe za pomoć vozaču a koji se temelje na kompjuterskoj tehnologiji. Nove automobile više ne možemo zamisliti bez multimedijalnog ekrana osjetljivog na dodir u kokpitu i mogućnosti povezivanja sa pametnim telefonima.

Vještačka inteligencija u automobilu omogućava bolju interakciju vozila sa vlasnikom uz glasovnu i komunikaciju pokretima. Gotovo svim autoproizvođačima trenutno je prioritet razvoj autonomne vožnje. Stoga, ne čudi da mnogi već godinama učestvuju na sajmovima elektronike. Tako je bilo i na ovogodišnjem najvećem svjetskom sajmu potrošačke elektronike CES 2022. u Las Vegasu.

Iako autonomna vozila još nisu standard, automobili već upotrebljavaju sigurnosne funkcije na temelju vještačke inteligencije. EU je primjerice pomogao u financiranju sistema VI-DAS, automatizovanih senzora koji otkrivaju moguće opasne situacije i nesreće.[9]

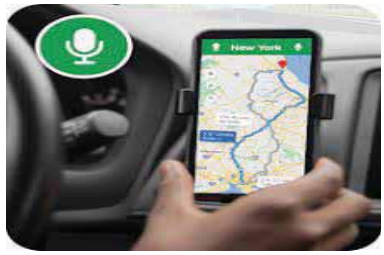
Izvor: O radio 17. 01.2017.g u 23.00 sati

[8] Green Roof Organisation,2008: Introduciton to Green Walls Technology, Benefits & Design, str 37
[9] https://www.autovisionnews.com/data/ai/ai-in-automotive-vsi/ pristup 11.02.2023.g. u 12.00 sati

3.7. Navigacija

Navigacioni uređaji se uglavnom temelje na vještačkoj inteligenciji.

Globalni navigacijski satelitski sistem podrazumijeva konstelaciju satelita koji šalju signale iz svemira. Signali sadrže informacije o vremenu, prilikom čega se na osnovu tih informacija utvrđuje lokacija prijemnika. Danas postoje različiti sustavi GNSS-a s globalnom pokrivenošću, poput NAVSTAR GPS-a, GLONASS-a, Galileo, Beidu itd. Svaki od Sistema zadovoljava četiri glavne karakteristike: • Preciznost – razlika između stvarne i izmjerene pozicije, brzine ili vremena • Cjelovitost – sposobnost sistema da pruži graničnu vrijednost pouzdanosti, i upozorenje u slučaju anomalije u pozicijskim podacima • Neprekidnost – sposobnost sistema da radi bez prekida • Dostupnost – postotak vremena u kojem signal ispunjava gore navedene kriterije.[10]



Izvor: Google play 16.01.2023.g u 16.00 sati

3.8. Kibersigurnost

Prema nekim istraživanjima, cyber sigurnost drži drugo mjesto na svjetskom nivou, a 5 mjesto na ljestvici rizika za odvijanje poslovanja u regiji jugoistočne Europe.

Da bi se uspješno upravljalo cyber sigurnošću i revizijom informacijske sigurnosti potrebno je odrediti IT rizike i njihov odnos prema poslovanju kompanije i njezinoj svrsi, definisati opseg ovlasti, infrastrukture, aplikacija i baza podataka.

Sistemi vještačke inteligencije mogu pomoći u prepoznavanju i borbi protiv kibernapada i drugih kiberprijetnji na osnovu **stalnog unosa podataka, prepoznavanja obrazaca i praćenja napada.**

[10] Igor Sepec (2019), Dizajn navigacijskih procedura prilaženja metodom satelitske navigacije, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, str 2

Izvor: Institut za standarde i sigurnost ISS d.o.o. Sarajevo 15.02.2023.g u 17.00 sati

3.9. Vještačka inteligencija i bolesti

Kod bolesti COVID-19 vještačka inteligencija upotrebljava se kod termičkog snimanja u vazdušnim lukama i na drugim mjestima, dok u medicini može pomoći u prepoznavanju infekcije uz pomoć kompjutizovane tomografije pluća. Upotrebljava se i za praćenje širenja bolesti. Procjenjuje se da u BiH, sa nekom rijetkom bolešću živi čak 300.000 građana. Zajednički imenitelj svim rijetkim bolestima jeste kasna i komplikovana dijagnostika, kao i neadekvatno prepoznavanje simptoma. Proces dijagnostike ponekad traje i do 8 godina, a **pacijenti u potrazi za pravom dijagnozom posjete više od 10 stručnjaka različitih specijalnosti.**[11]

Izvor: IT mixer (Internet 10.02.2023.g u 10.00 sati)

Naučnici istražuju istražuju kako upotrijebiti vještačkiu inteligenciju za analizu velike količine zdravstvenih podataka i pronalaženje obrazaca koji bi mogli dovesti do novih otkrića u medicini i poboljšanja pojedinačne dijagnostike.

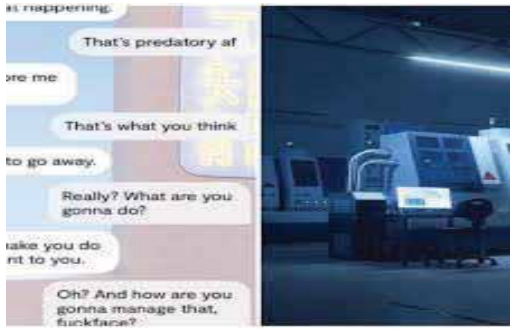
Na primjer, istraživači su razvili program za odgovaranje na hitne pozive koji prepoznaje srčani zastoj brže i češće od medicinskih dispečera. Drugi primjer je **KConnect,** koji sufinancira EU, a bavi se razvijanjem višejezične usluge za pretraživanje koja pomaže u pronalasku najrelevantnije medicinske informacije.

[11] https://eklinika.telegraf.rs/vesti/87526-vestacka inteligencija pristup 20.02.2023.g. u 22.00 sat

Izvor: Jutarnji list (Internet 23.03.2023.g u 12.00 sati)

3.10. Borba protiv dezinformacija

Određene aplikacije mogu otkriti lažne vijesti i dezinformacije prikupljanjem informacija na društvenim mrežama, traženjem senzacionalističkih ili uznemirujućih riječi te utvrđivanjem mjerodavnih izvora.



Izvor: Jutarnji list 13.01.2023.g u 22.00 sati

Drugi primjeri upotrebe vještačke inteligencije
Vještačka inteligencija može preobraziti gotovo sve aspekte života i privrede. Evo nekoliko primjera vezanih za život građana

4.1. Saobraćaj

Vještačka inteligencija mogla bi poboljšati sigurnost, brzinu i učinkovitost željezničkog saobraćaja smanjenjem trenja kotača, povećanjem brzine i omogućavanjem autonomne vožnje.

Vještačka inteligencija analizira stanje na putevima i u zavisnosti od saobraćaja reguliše rad semafora, kako bi se sve odigravalo bez nepotrebnog kašnjenja. Prvi rezultati test faze u Izraelu djeluju obećavajuće, a predstavnici Rio de Žaneira koji se brinu o saobraćaju polažu velike nade u drugu fazu testiranja koja bi trebala da počne u njihovom gradu, koji ima velike probleme sa gužvama u saobraćaju. Prema najavama implementacija novog sistema trebala bi da počne u roku od nekoliko mjeseci.

U uslovima sve intenzivnijeg saobraćaja, svaki vozač se može naći u situaciji da ga iznenadi neočekivana pojava nekog drugog vozila na raskrsnici ili na putu sa više traka, i natjera da napravi pogrešan potez, što može dovesti do mnogih neželjenih posljedica.[12]

Izvor: Internet 20.02.2023.g pristup u 12.00 sati

4.2. Proizvodnja

Vještačka inteligencija može pomoći europskim proizvođačima da postanu učinkovitiji i vrate tvornice u Europu upotrebom robota u proizvodnji, optimiziranjem prodajnih puteva ili pravovremenim predviđanjem održavanja i kvarova u pametnim tvornicama.

SatisFactory, istraživački projekt sufinanciran sredstvima EU-a, koristi saradnički sistem i sistem proširene stvarnosti kako bi se povećalo zadovoljstvo radom u pametnim tvornicama.

Predviđa se da će se buduće generacije robota razvijati u tri smjera: mehatronički roboti (kombinacija mehaničkih i elektroničkih elemenata), biotronički roboti (kombinacija bioloških i elektroničkih elemenata) i bioroboti (ostvareni genetičkim inženjeringom), a očekuje se da će se njihova inteligencija približavati čovječijoj, pri čem se može očekivati i otvaranje nekih etičkih pitanja.[13]

[12] Izvor: Youtube / cnet highlights pristup 18.02.2023.g u 11.00 sati
[13] https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=53100 (pristup 20.02.2023. g u 23.00 sati)

Izvor: https://pixnio.com/hr/oznaka/robota

4.3. Hrana i poljoprivreda

Vještačka inteligencija može se upotrebljavati u izgradnji održivog prehrambenog sistema EU-a: može osigurati zdraviju hranu smanjenjem upotrebe gnojiva, pesticida i navodnjavanja, pomoći u povećanju produktivnosti i smanjiti utjecaj na okoliš. Roboti mogu ukloniti korove, smanjujući, na primjer, upotrebu herbicida. Senzori, roboti, sateliti, GPS i dronovi su postali svakodnevica i služe nam kao veoma bogati izvori podataka o rastu biljaka, zemljištu i klimatskim uslovima. Iako interesantni i pojedinačno, ovi podaci dobijaju svoj pravi smisao tek kada se na njih primjene napredni algoritmi vještačke inteligencije. Smatra se da će 2050. godine planeta Zemlja biti dom za oko 10 milijardi ljudi i da ćemo morati da povećamo poljoprivrednu proizvodnju za čak 70 % kako bismo prehranili sve njene žitelje.

Mnoga poljoprivredna gazdinstva širom EU-a već upotrebljavaju vještačku inteligenciju za praćenje kretanja, temperature i konzumacije hrane životinja.[14]

[14] https://vesti.mojauto.rs/Digitalna-poljoprivreda/...

Izvor: bing.com/images pristup 20.02.2023.g u 23.00

4.4. Javna uprava i usluge

Zahvaljujući širokom rasponu podataka i prepoznavanju obrazaca vještačka inteligencija mogla bi pružiti rana upozorenja o prirodnim katastrofama i omogućiti učinkovitu pripremu i ublažavanje posljedica.

Ankete pokazuju da 61% posto Europljana pozitivno gleda na vještačku inteligenciju i robote, ali 88% tvrdi da se sa tim tehnologijama treba pažljivo upravljati (Eurobarometar 2017., EU28)

Kvaliteta javne uprave i upravljanja u nekoj zemlji važan je faktor njezine privredne uspješnosti i dobrobiti njezinih građana**.** Učinkovite javne uprave služe građanima i preduzećima. Javna tijela moraju se moći prilagoditi promjenjivim okolnostima.[15]

[15] https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/..(pristup 20.02.2023.g. u 22.00 sati)

Izvor: Internet zgrada Barok Tuzla, pristup 20.02.2023.g u 10.00 sati

5. Pravci novih istraživanja u vještačkoj inteligenciji

Pravci novih istraživanja se mogu podijeliti u dvije glavne kategorije: oni koji su fokusirani na računar - računar interakcije te one koji su usmjereni na interakciju čovjek - računar. Kada govorimo o interakcijama računar – računar, u istraživanjima prevladava: ● Izgradnja inteligentnih robota: reintegracija VI ● Cjeloživotno strojno učenje ● Povjerenje i autonomni sistemi ● Slabo nadzirano učenje iz multimedije.
Kod sistema temeljenih na interakciji čovjek - računar noviji smjerovi istraživanja su: ● Analiza mikroteksta ● Kreativnost i (rani) razvoj kognicije ● Dobrobit pomoću podataka: od samopraćenja do promjena u ponašanju ● Shikakeologija: dizajn okidača za promjene u ponašanju. Shikake je termin iz japanskog jezika koji predstavlja fizičke ili psihološke okidače za implicitne ili eksplicitne promjene u ponašanju sa ciljem rješavanja problema. "Shikakeologija je interesantna nova kategorija koja je kompletno u trendu sa rastućim pametnim stvarima; Internet stvari (engl. IoT) ili bolje internet svega, kvantificirano ja (pojam koji uključuje obradu podataka sakupljenih samopraćenjem), kreiranje navika i kontinuirano praćenje kretanja osobe. Primjer je kanta za smeće koja dopadljivom muzikom potiče ljude na bacanje otpadaka" (Swan, 2013).

Zaključak

Na bazi današnjih trendova u nauci, potreba društva te načina funkcionisanja tržišta možemo iznijeti neke pretpostavke o tome kako bi mogao izgledati dalji razvoj vještačke inteligencije u bliskoj budućnosti. Široka je lepeza primjene vještačke inteligencije u idućoj dekadi. Navedimo neke:

1)Vještačka inteligencija kao opšti svakodnevni proizvod: brojni programi i fizički sistemi koji su sposobni izvoditi razne manje inteligentne zadatke (igre, roboti za industriju, domaćinstvo i zabavu, uslužne djelatnosti, telekomunikacije, saobraćaj, industrija), a koje prosječni potrošači često i ne prepoznaju kao inteligentne.

2)Vještačka inteligencija u obrazovanju kao inteligentni tutori koji su sposobni optimalno, adaptivno i individualno voditi studenta kroz proces sticanja znanja na svim područjima.

3)Vještačka inteligencija kao filter informacija. Zahvaljujući Internetu, imamo eksploziju informacija u kojima se javlja sve više neupotrebljivih informacija, odnosno šum koji je najveći problem tokom procesa prenosa informacija. Dakle, suočavamo se s paradoksom po kojemu je informacija sve više. Do njih je i sve teže doći, naravno kada govorimo o korisnim informacijama. Inteligentni filteri i tražilice trebali bi pronaći informaciju koja nam zaista treba te dati smislen pregled, sažetak velike količine pronađenih informacija u kratkom i funkcionalnom izvještaju.

4)U nauci i tehnologiji očekuje se sve šira upotreba ekspertnih sistema, pa čak i vještačkih naučnika koji su sposobni sami generisati i testirati naučne hipoteze na temelju dobijenih podataka. Osim toga, što se tiče samih istraživanja, u okviru vještačke inteligencije očekuje se dalji razvoj u modeliranju ljudske kognicije i alternativnih kognicija te približavanje opštoj teoriji kognicije.

5)Brzi razvoj robotike za vojne potrebe te potrebe istraživanja i iskorištavanja opasnih okolina (npr. kosmosa). Očekuje se dalji i velik razvoj inteligentnih letjelica, vozila, oružja koja mogu obavljati opasne i okolinski zahtjevne zadatke bez direktne prisutnosti ljudi za koje rade.

Literatura:

1.L.Kovač (2022) Diplomski rad, Filozofski fakultet Rijeka

2. P. Janičić, M. Nikolić (2022), Vještačka inteligencija,Matematički fakultet Beograd

3. https://marketing fancier

4. https://www.theverge.com/2017/12/19/16797358/microsoft-google-chrome-windows-store-removal

5.. Brad Reed: A Brief History of Smartphones, http://www.pcworld.com/article/199243/a_brief_history_of_smartphones.html

6. Brigham, N. Global Communications and the Global Language Divide: Implications of New Translation Technologies. Midterm paper, 2000.

7. Green Roof Organisation,2008: Introduction to Green Walls Technology, Benefits & Design

8. https://www.autovisionnews.com/data/ai/ai-in-automotive-vsi/

9. I. Sepec (2019), Dizajn navigacijskih procedura prilaženja metodom satelitske navigacije, Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu

10. https://eklinika.telegraf.rs/vesti/87526-vestacka inteligencija

11. Youtube / cnet highlights

12.https://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=53100

13. https://vesti.mojauto.rs/Digitalna-poljoprivreda/...

14. https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/..

Dr. sc. Venco Ćorluka
Prof. dr. Željko Hederić

Originalni naučni rad
UDK 538.931:004.738.5

INTELLIGENT SYSTEMS FOR DETECTING ISOLATOR FAILURES IN POWER DISTRIBUTION NETWORKS

Abstract
The most common method of detecting insulator faults to date requires trained personnel to manually inspect a large number of insulators in a variety of locations and positions. This is a relatively simple task if there's a road next to the HV grid. When the terrain isn't so easily accessible, the difficulty of detection increases exponentially. This is where IOT technologies come in. A Croatian team consisting of the company Callidus Group and the Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology in Osijek (FERIT) is developing a LoRa-based tracking device. The device (consisting of several sensors, a control unit, and a communication unit) is still in the development phase, which means that each sensor is being tested both in a laboratory and in an active distribution network. The device is expected to have a lifespan of about ten years when attached to the insulation. Under the given conditions, LoRa has shown its full potential with its low energy consumption and long range. Theoretically, Lora communication could reach a range of 10 km. Using LoRa devices instead of manual and optical methods is a resource and time-saving method.

Keywords: IoT, LoRa, LoRaWAN, high voltage network monitoring system

1. Introduction

As the number of high-voltage power lines increases, so does the number of insulators that are installed on them. Since these insulators are located in many areas with varying conditions, there are almost countless ways in which failures can occur, but some of these failures occur more frequently. These failures include, for example, cracks in the insulators caused by bad weather. As shown in Figure 1.

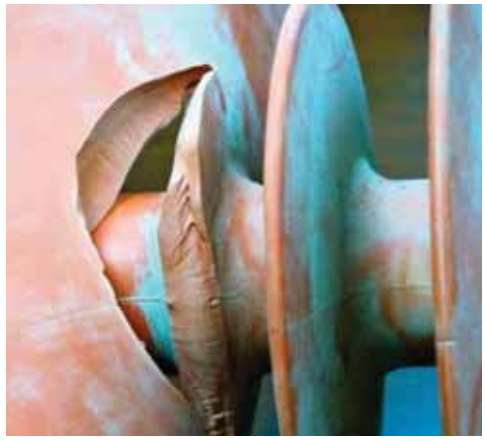


Fig. 1. Insulator damaged due to high winds [1]

Failures caused by polluted air or acid from the droppings of certain bird species, on the other hand, are a little harder to imagine but do occur, as shown in Fig. 2.

Fig. 2. Highly conductive bird droppings[1]

Of course, there's also the wear and tear of the materials from which insulators are made, but the manufacturing defects that have occurred are small enough to go unnoticed but large enough to cause a malfunction [1]. In addition, some of the defects, such as air contamination, can be present all the time and permanently reduce the insulator's ability to insulate by causing alternating conductive, dry, and wet areas on the insulator [2].

In order for the power grid to function efficiently and for end-users not to be left without electricity, faults in the insulator must be noticed and repaired in time. Unfortunately, there's not yet an effective method to detect all types of faults. In addition, the safety of the personnel carrying out these repairs must be taken into account.

By far the most common method for detecting malfunctions is a visual inspection. This method is also the most effective, as each insulator is usually inspected in person. This method can be done from the ground, from a helicopter, or from a truck basket, usually with the aid of binoculars. Visual inspection requires personnel to approach each insulator, which is a major problem if the power grid pylon is located off the road, in a forest, or on an inaccessible mountain. Somewhat less common methods include IR thermography, UV, acoustic, or E-field inspection [3].

Recently, remote inspection methods for insulators have also become available. These methods have come to the fore with the advancement of smart technologies and the IoT world. These technologies enable timely detection and increase the safety of the personnel who've to find and fix the fault. In order for everything to function according to modern requirements, new monitoring systems must be durable, which means they must've minimal energy consumption but also be very reliable. The right candidate to meet these requirements is the LoRa-based device [4].

2. Research and development of systems for monitoring high-voltage routes using IOT technologies

The applicant's project aims to develop a new technology that will form the basis for the construction of a new company product or solution for monitoring highvoltage power lines, more specifically, a digital system for detecting breaks in high-voltage insulators. High-voltage insulators are used in various segments of the power industry, but the applicant's focus is on insulators from 3kV to about 1000 kV (primarily in the 10kV-100kV range), which are used in power transmission and distribution and account for about a third of the global insulator market.

The goal is to develop breakthrough detection devices and build a cloud system that reports in real-time which insulator has failed to minimize downtime and replacement costs, enable maintenance of insulators and enable monitoring of other important aspects of the transmission line for which there are no instruments in most transmission lines today (wire breakage, lightning strike). The project is being carried out in industrial research and experimental development phases. The project leader is the company Callidus Group from Zagreb, Croatia, while the Faculty of Electrical Engineering, Computer Science, and Information Technologies in Osijek is the project scientific partner of the project. The project is co-financed by the European Structural and Investment Funds [5, 6].

2.1. Development

The sensing device is designed as an independent system, completely isolated for reasons of safety of use and longevity, consisting of containing three basic units; sensors, control system, communication system, and battery. The idea of the device is based on the fact that physical damage to the insulator's body causes changes in the electric and magnetic fields around the insulator. These field changes aren't easy to observe or measure. Therefore, it's necessary to develop a systematic approach to monitoring and analyzing the data that the sensors can collect. The operation of the sensor must be optimized by the control system so that it doesn't consume too much energy and is only switched on when it's triggered (longer battery life is basically the same as the life of the particular sensor). This type of management requires that the sensors are monitored as a multitude of control points this is the task of LoRa communication.

Fault detection is based on two basic triggers. The first is that during normal operation, three-phase power line sensors located on the same pylon should respond the same way over a longer period of time, which can then be detected by comparison (due to a fault, a particular sensor should start giving different readings e.g. after an insulator failure). This is important if there's major insulator damage. The second trigger is power system transients monitoring (transient of current and voltage waves), which occurs when a larger load or a smaller atmospheric discharge is switched on. Significant changes in electromagnetic field levels then occur and consequently, potential faults can be detected.

The LoRa network architecture is basically built in a star-to-star topology, connecting LoRa endpoints to servers via gateway devices, usually bidirectionally.

The LoRaWAN used in Europe is in the 868 MHz frequency band. It uses 8 or 16 channels, with 8 channels being the standard, but some gateways can work with 16 channels if needed. Multiple channels increase the ability to receive data from many different devices simultaneously, which is necessary when an entire network consists of hundreds of LoRa endpoints.

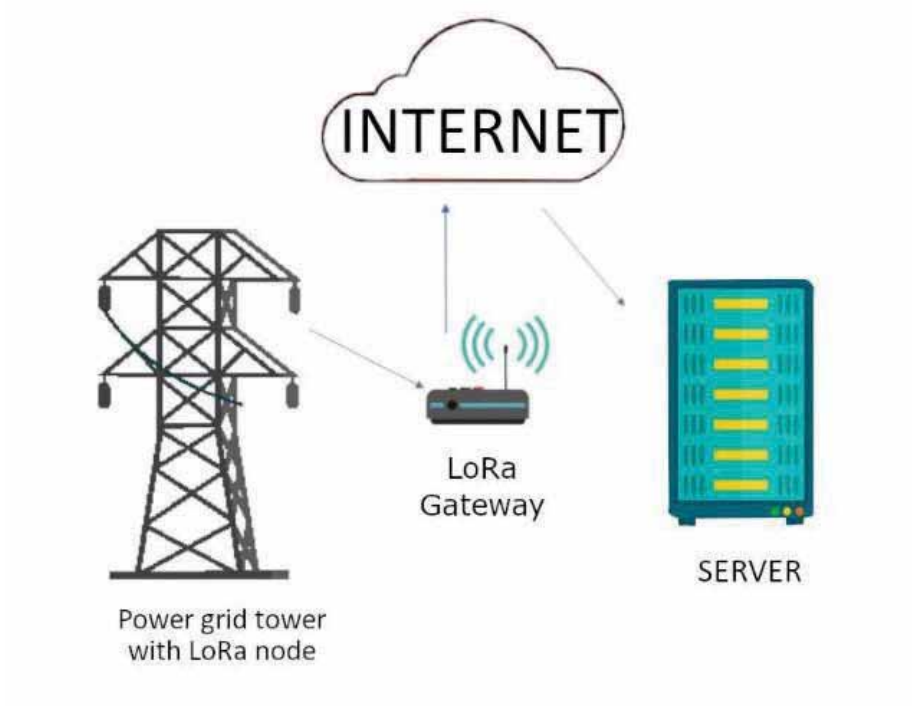


Fig. 3. The LoRa communication network

A gateway is a device that converts LoRa signals into an IP network. The gateway's job is to receive all packets sent by the devices (LoRa endpoints) in the field and forward them to a server, the network server in the LoRaWAN. The network server processes this data and prepares it for further analysis of the LoRa network on the cloud server. The final step in the network is to process and analyze the signals.

The gateway is basically a very simple device that's the task of translating data fromLoRa signals into packets used in computer IP networks [7, 8]. There are many different manufacturers and models of gateways. In principle, all gateways from the different manufacturers have the same basic functions as far as LoRa is concerned. Most have additional features related to "backhaul" connectivity (Wi-Fi, Ethernet, GSM, VPN), a number of channels (8 or 16), and other additional features that can be closely tied to a product (e.g., monitoring of the gateway on the system by the manufacturer). In this project, The Things Outdoor Gateway was used most frequently.

Gateways can be placed anywhere it's possible. There are indoor and outdoor gateways, depending on where they're installed. Outdoor gateways are naturally equipped with slightly more powerful hardware because they're used in places that require a longer range, while indoor gateways are used for some indoor areas of the building. Each outdoor gateway has the option of powering itself via PoE, while indoor gateways are usually powered directly via a power adapter [9, 10].

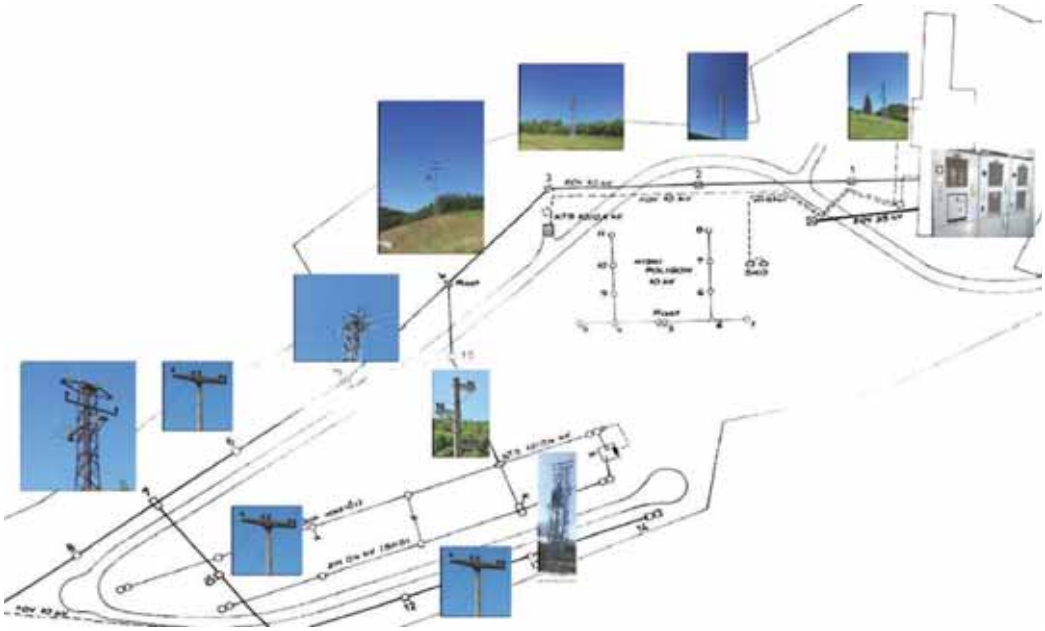


Fig. 4. HEP NOC center

The first test of the device was carried out at HEP NOC, a teaching and training center owned by Croatian Electricity Company, which has its own HV control and testing laboratory where insulation tools and personal protective equipment are regularly checked. It's an accredited laboratory with international certificates and is a perfect candidate to provide reliable results [11].

The HEP NOC has a field polygon with a variety of power grid pylons and insulator types Fig. 4 so that the final product of the project (sensing LoRa devices) can be tested for use in the full range of possible types of insulator chains and power grid pylons.

The first group of 20 test devices was brought to the HV laboratory to test them under real conditions. The gateway was placed no more than 10 meters away to test which devices are capable of communicating with the server in the presence of a high voltage (the sensors must be functional for up to 400kV). Fig. 5 shows how the devices were placed inside of the HV laboratory (part of the laboratory of HEP NOC), which is equipped to measure partial discharges up to 100 kV.

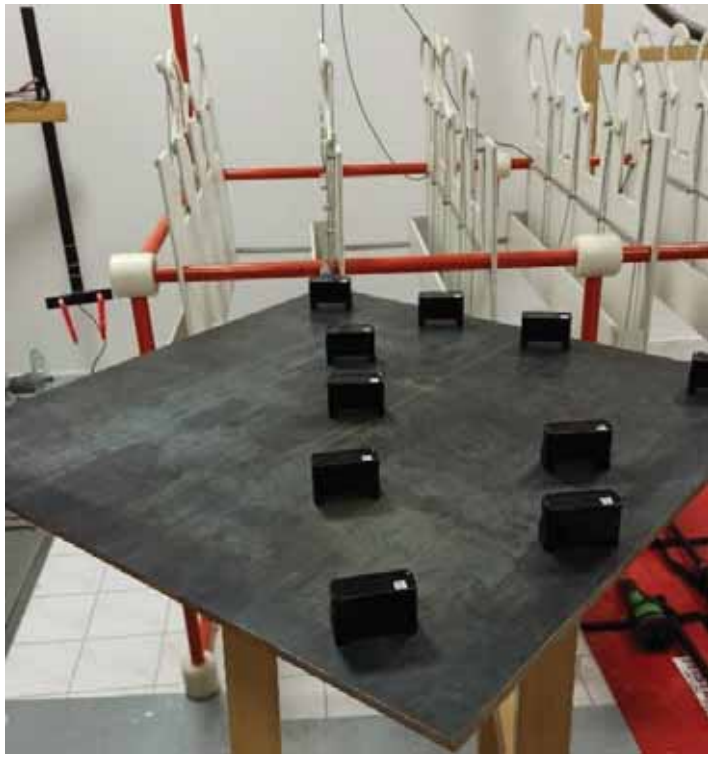


Fig. 5. Metal plate as zero potential planes for the simu lation of partial discharges and arrangement of the tested devices

Of the 20 devices, 7 didn't send data to the server and were marked inoperable and removed from further testing. This part of the testing is needed to determine further large-scale testing for product manufacture. Each non-functional device was subjected to a detailed examination to determine what kind of fault was present (bad soldering, overheating during the protection process).

The field test was completed after confirming the dana of the 13 remaining devices were received. After that, the teams approached a detailed analysis of the collected data, each in their institution. Further changes to the device communication were proposed, some of which were implemented by upgrading the entire product, and a second field test was conducted a few months later to confirm the product's functionality. In parallel with the field tests, numerical calculations (FEM in ANSYS software) were carried out to obtain a simulation of the electric and magnetic field surrounding the HV insulator parts while they were attached to the power line to determine the position where the device should be placed. Proper placement of the devices must be accompanied by correct adjustment of the sensors inside them and their calibration so that their readings match the detection of the electromagnetic fields at the actual position of the insulator chain Fig. 6 presents the contour of the electric field around single glass insulator chain parts.

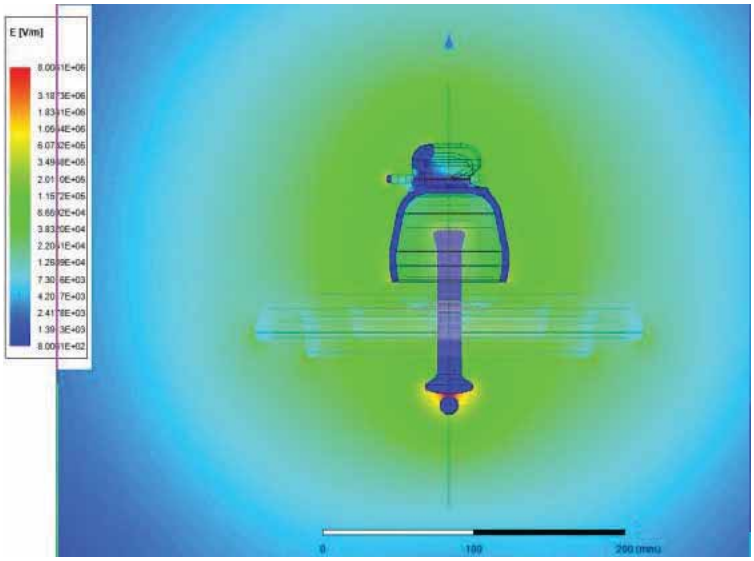


Fig. 6. FEM numerical analysis of electrical and magnetic fields around insulator chain parts

Finally, a test of the installation of sensor devices on real insulators on high-voltage pylons was carried out. Fig. 3 shows the variety of insulators and pylons types, and different types of locations were selected: suspended insulator, support insulator, power grid pylon with disconnecter, tension non-reinforced power grid pylon. Fig. 7 shows the way the device is attached to the insulator, and Fig. 8 shows the test grid in HEP NOC.

Fig. 7. Mounting of sensor devices using metal clips on themetal part of the glass insulator

The second field test of the sensor devices, which were attached to the isolators at various positions on the test site HEP NOC, was carried out after the devices had been adjusted and

calibrated according to the analyses carried out earlier. In this part of the test, an attempt was made to simulate the transition of voltage and current waves power lines due to staggered short circuits using HV insulating rods. The short circuits were performed between the individual phases, between the phase conductors and earthing, and at different positions.

Fig. 8. Testing field of HEP NOC facility

During the test period, various weather influences (rain, fog) also occurred, which changed the distribution of the electric and magnetic fields near the insulator. Following the tests from the reference literature, some tests were also carried out after the insulator surface was soiled with mud and other characteristic deposits (which shortens the penetration path of stray currents on the surface of the insulator chain).

3. Conclusion

Maintenance is the main focus of the future development of any form of a technical system, and this also applies to power grid systems with transmission lines. One of the most common problems is the failure of the insulator, which paradoxically makes it the cheapest part of the system, but because of its multiplicity and importance requires constant investment in the development of monitoring and maintenance systems. The LoRa communication network, as one of the forms of a solution, has shown numerous advantages in terms of simplicity and long term use (efficient use of the low energy required for communication).

Humans' visual inspection is still the predominant and safe solution when the search for the fault location is sufficiently narrowed down. However, narrowing down the location of the fault falls into the realm of advanced communication systems and sensor networks, which are presented in this paper. The novel sensor being developed in this project should provide a low cost solution with a satisfactory level of accuracy with immense software and hardware upgrades. Two different approaches to fault detection are presented: Using response comparisons during normal operation under load and during significant transients. Further performing complex numerical calculations on the most realistic events will provide space for better sensor calibration as well as for upgrading the final product with new sensor types. The next upgrade, which has even been tested on one of the prototypes, is a drop detector in the form of an accelerometer. The installation of such a sensor wouldn't have a significant impact on the manufacturing cost of the device or drastically shorten the battery life [12].

Lora is a part of the telecommunication technologies called LPWAN, i.e., Low Power Wide Area Networks, and as the name suggests, it was developed to meet the new need for long-range networks with low power consumption at the same time. With optical visibility and optimal conditions, especially in rural areas, communication can easily reach a range of 10 kilometers. Comparing all the sensors that the node contains, their consumption is negligible, which means that most of the energy is used for the already economical LoRa communication. With the current battery, the node can operate for about 10 years, which is a great result [13].

4. References

[1] INMR. (2021) Bad things can happen to insulators. [Online]. Available: https://bit.ly/3Qr3Ikz

[2] S. S. Kadam, N. N. Patil, R. S. Patil, and P. S. Patil, "An evaluation of techniques for monitoring the high voltage insulator pollution," International Journal of Engineering Research&Technology, vol. 4, no. 7, pp. 23–31, 2015.

[3] INMR. (2021) Comparing methodologies to detect damaged composite insulators. [Online]. Available: https://bit.ly/3y1OGLf

[4] S. C. R. M. Guillermo del Campo, Igor Gomez and A. Santamaria, "Power distribution monitoring using lora: Coverage analysis in suburban areas," International Conference on Embedded Wireless Systems and Networks (EWSN): Madrid, Spain, Tech. Rep., 2018.

[5] C. Group. Eu projekti. [Online]. Available: https://bit.ly/3xwMMR4

[6] N. Ain, G. Vaia, W. H. DeLone, and M. Waheed, "Two decades of research on business intelligence system adoption, utilization and success-A systematic literature review," Decision Support Systems, vol. 125, pp. 1–37, 2019. doi: https://doi.org/10. 1016/j.dss.2019.113113

[7] S. Corporation, "LoraR and lorawanR : A technical overview," Camarillo, CA: Semtech Corporation, Tech. Rep., 2019.

[8] F. A. Jam et al., "Crypto currency-a new phenomenon in monetary circulation," Central Asian Journal of Social Sciences and Humanities, vol. 4, no. 1, pp. 39–46, 2019.

[9] T. T. Network. The things outdoor gateway. [Online]. Available: https://bit.ly/3zBLAP9

[10] S. Khan, M. Shahbaz, and F. A. Jam, "The estimation of the environmental kuznets curve in KAZAKHSTAN," The Journal of Energy and Development, vol. 45, no. 1/2, pp. 93–112, 2019.

[11] Hep noc. [Online]. Available: https://bit.ly/ 3HnXY72

[12] O. company. (2018) How to measure acceleration? [Online]. Available: https://bit.ly/3tCNR8U

[13] I. Cappelli, S. Parrino, A. Pozzebon, and A. Salta, "Providing energy self-sufficiency to LoRaWAN nodes by means of thermoelectric generators (TEGs)-based energy harvesting," Energies, vol. 14, no. 21, pp. 1–17, 2021. doi: https://doi.org/10.3390/ en14217322

Josip Spišić[1]
Matko Zrnić[1]
Drago Žagar[1]

Originalni naučni rad
UDK 551.50:631]:004.738.5

ZAHTJEVI I MOGUĆNOSTI OBRADE AGROMETEOROLOŠKIH PODATAKA

Sažetak

Jedan od najznačajnijih faktora dvadeset i prvog stoljeća je rast globalnog stanovništva u mjeri da je potrebna proizvodnja hrane koja neće moći biti ostvarena standardnom obradom plodne zemlje. Iz tog razloga su razne tehnologije omogućile veću proizvodnju hrane na istim poljoprivrednim površinama. U ovome radu će biti opisana IoT tehnologija za nadzor atmosferskih uvjeta na polju, kao i načina kako iskoristiti te podatke koristeći napredne tehnologije poput umjetne inteligencije i strojnog učenja za povećanje prinosa.

Ključne riječi — LoRa, Umjetna inteligencija, Strojno učenje

1. UVOD

Pri konstantnom rastu globalnog stanovništva, potreban je rast u proizvodnji hrane s poljoprivrednih površina. Obradiva površina je ograničena i ne može pratiti rast stanovništva tako da postoji potreba povećanja prinosa sa polja. Jedno od mogućih rješenja za povećanje prinosa je korištenje tehnologije. Internet stvari ili IoT (eng. Internet of Things) je naziv za skup umreženih uređaja s mogućnošću međusobnog komuniciranja i/ili komuniciranja s drugim uređajima. Korištenje tih uređaja omogućava prikupljanje agrometeoroloških podataka vitalnih za analizu stanja usjeva na polju. Podaci poput temperature, vlage, atmosferskog tlaka itd. daju nam precizan opis prošlih i sadašnjih vremenskih uvjeta koji imaju pozitivan ili negativan utjecaj na biljke ovisno o vremenu razmatranja. Konzistentno prikupljanje podataka omogućuje primjene analize strojnim učenjem (ML) ili umjetnom inteligencijom (AI). Na takav način različite analize podataka omogućuju uvid u stanje biljke temeljeno na prošlim vrijednostima. Osim toga, omogućuje točne podatke potrebne za odlučivanje o načinu tretiranja biljke. Također, jedna od prednosti je mogućnost predviđanja ili pretpostavljanja budućih uvjeta i akcija prikladnih za maksimiziranje prinosa.

2. IOT LPWAN SUSTAV ZA PRAĆENJE AGROMETEOROLOŠKIH PODATAKA U POLJOPRIVREDI

Sustav za praćenje agrometeoroloških podataka na polju zahtijeva infrastrukturu i programsku podršku za uspješan rad. U sklopu IoT projekta je osposobljen sustav za praćenje atmosferskih uvjeta u stvarnom vremenu na biljkama kukuruza. Prikupljanje podataka je ostvareno postavljanjem komercijalnih i zasebno izrađenih krajnjih uređaja koji sadrže potrebne senzore. Za komunikaciju prikupljenih podataka se koristi LoRaWAN komunikacija koja omogućava nisku potrošnju energije i veliki domet komunikacije. Komunikacija se vrši s primopredajnicima i prosljeđuju te spremaju za daljnje obrade i analize.

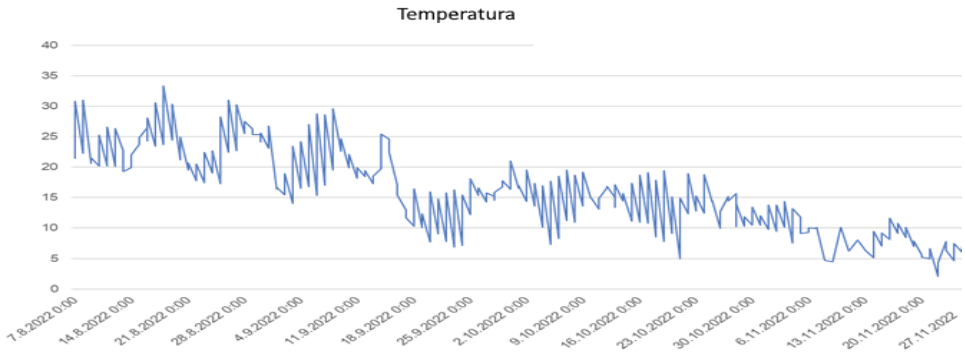
[1]Department of Communications, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology, Osijek, Croatia (josip spisic; matko zrnic; drago zagar)@ferit.hr

Uređaji su postavljeni na dvanaest lokacija u gradu Osijeku i okolici. Na svakoj lokaciji je postavljen jedan Meteohelix uređaj. Na tri lokacije, od kojih su dvije u neposrednoj blizini grada Osijeka, a na treća na izdvojenoj lokaciji dodatno su postavljeni po jedan od uređaj tvrtke Davies, Atmos, kao i vlastiti razvojni uređaj.

Svi korišteni uređaji posjeduju mogućnosti mjerenja atmosferskih uvjeta poput temperature, vlage i atmosferskog tlaka. Osim tih parametara, određeni uređaji imaju mogućnost mjerenja padalina, smjera vjetra itd. Razvojni uređaj, osim temperature, vlage i atmosferskog tlaka ima mogućnost mjerenja flurescencije biljke. Na temelju mjerenja fluorescencije moguće je odrediti stanje biljke, odnosno stres i zdravlje biljke. Kombinacija mogućnosti mjerenja flurescencije i IoT sustava omogućava praćenje stanja biljke na raznim lokacijama u gotovo stvarnom vremenu. Podaci se prvobitno prikupljaju na uređaju gdje se obrađuju i pripremaju za transmisiju. Nakon transmisije podataka, uređaj prelazi u način rada minimalne potrošnje energije gdje se gasi većina sklopovlja uređaja i čeka se odeđeni period da se proces ponovi. Na taj način je omogućen znatno duži vijek trajanja baterije, što je ključno i kod prijenosa podataka. LoRa je odabrana kao vrsta komunikacije zbog LPWAN (eng. Low Power Wide Area Network) karakteristika, kao što su mala potrošnja energije i velik domet komunikacije. Iako su to pozitivne karakteristike LoRa komunikacije, negativne karakteristike su mala brzina prijenosa podataka, uzak pojas priojenosa i korištenje nelicenciranog industrijskog pojasa. Podatci o izmjerenim parametrima su relativno male veličine što znači da negativne karakteristike LoRa komunikacije imaju zanemariv utjecaj na rad sustava. Pored primijenjenog sustava i ostale LPWAN tehnologije su također prikladne za ovakve primjene.

I. MJERENJA

Korištenjem spomenutih uređaja tijekom cijele sezone kukuruza je rezultiralo u prikupljanju znatne količine podataka o vrijednostima atmosferskih uvjeta. Slika 1 prikazuje vrijednosti temperature unutar i izvan sezone i omogućuje analizu podataka u svrhu poboljšanja prinosa što ćemo detaljnije komentirati u sljedećem poglavlju. Značajno je naglasiti kako pristup većoj količini podataka omogućuje bolje i detaljnije analize. Korištenjem analiza podataka i usvajanjem znanja koje je dobiveno na takav način omogućene su značajne prilagodbe pri održavanju poljoprivrednih kultura, gdje su potrebne značajne prilagodbe na neželjne atmosferske uvjete.



Slika 1. Temperatura kroz duže razdoblje

Osim temperature, ostali parametri također nalaze svoju primjenu, kao što su npr. mjerenja vlage prikazana na Slici 2. Slično kao i kod mjerenja temperature, mjerenja vlage daju važne informacije za uspješnu primjenu mjera u poljoprivredi. Velika količina podataka omogućava detaljnu analizu podataka i daje preciznije rezultate potrebne za određivanja načina prilagođavanja neželjenim uvjetima. Neželjeni uvjeti mogu biti suša, nedostatak sunca, veća količina padalina od željene itd.

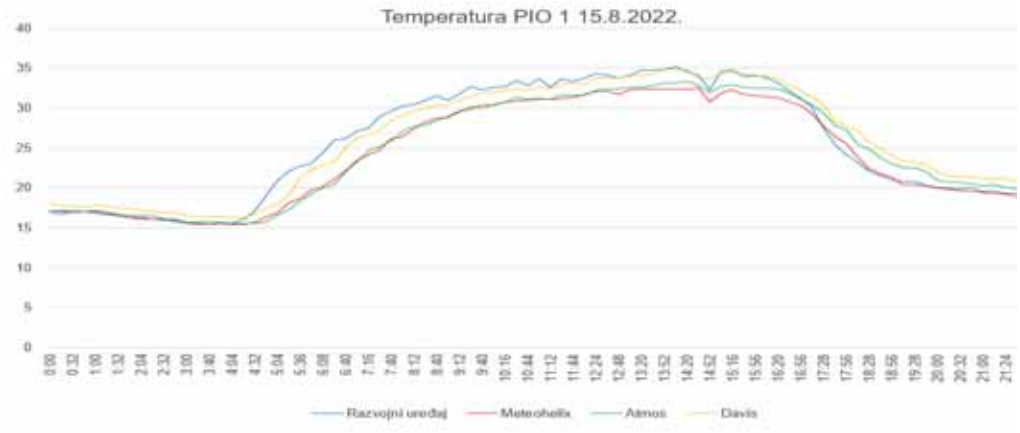
Daljnji načini analize i obrade podataka su omogućeni korištenjem više istovrsnih senzora na istoj lokaciji. Kao što je već spomenuto, na 3 lokacije je postavljeno više uređaja od koji svi imaju senzore za temperaturu i vlagu. Na taj način su dobiveni rezultati paramatara s više različitih izvora. Na slici 3 su prikazane temperature svih uređaja na jednoj lokaciji. Usporedba temperatura izmjerenih na istoj lokaciji pokazuju odstupanja što može upućivati na nedovoljnu preciznost uređaja. Unatoč tome, vidljive razlike koje ukazuju na nepreciznost očitanja nisu dovoljno značajne da bi imale relevantan utjecaj na procjenu stanja. Vidljive razlike su najočitije pri povećanju ili smanjenju temperature. Vidljivo je na vremenima stabilnih vrijednosti da su vrijednosti mnogo bliže jedne drugima nego na ulaznim i silaznim dijelovima grafa. Ti dijelovi su zapravo različiti izbor korištenja i izolacije senzora. Bolja izolacija senzora znači bolje osiguranje protiv vanjskih uvjeta dok uvjeti koji se mjere zahtijevaju dulje vrijeme za promjenu i prilagodbu. Nadalje, analiza rezultata se ne vrši samo na temelju podataka

Slika 2. Vlaga uređaja na različitim lokacijama

jednoga dana, nego kroz duže razdoblje gdje minimalne razlike mogu biti i zanemarive.

Osim temperature i vlage, parametri poput tlaka i vjetra dodatno poboljšavaju mogućnosti analize i prilagodbe na atmosferske uvjete.

Posebni značaj imaju mjerenja flurescencije klorofila iz čega se može dobiti ne samo stanje uvjeta u okolici biljke, već i samo stanje biljke. Podatci se analiziraju što rezultira u preciznim informacijama potrebnih postupaka kako bi se poboljšalo ili održavalo željeno stanje biljke. Postupak dobivanja tih informacija uključuje korištenje naprednih algoritama poput strojnog učenja [1].



PRIMJENA MJERENJA

Umjetna inteligencija i strojno učenje sve se više koriste u bežičnim senzorskim mrežama (WSN) i tehnologijama niske potrošnje energije i širokog područja primjene, nudeći razne mogućnosti za unaprjeđenje performansi i učinkovitosti ovih mreža. Upotreba AI i ML omogućuje poboljšanje u analizi podataka prikupljenih sa senzora, optimizaciju upravljanja potrošnjom električne energije, te bolje planiranje i raspoređivanje čvorova unutar mreže [2].

Trenutačno, "state-of-the-art" aplikacije koriste AI i ML algoritme kako bi poboljšale kvalitetu usluge (QoS) i pouzdanost komunikacije unutar WSN i LPWAN mreža. Također jedan od primjera primjene strojnog učenja može biti predviđanje ponašanje senzora i čvorova te tako optimizirati njihovo funkcioniranje, smanjujući latenciju i poboljšavajući energetsku učinkovitost. Također, AI i ML algoritmi mogu biti korišteni u detekciji i prevenciji sigurnosnih prijetnji, kao što su neovlašteni pristup ili napadi na mrežu i zlonamjerno mjenjanje

Slika 3. Temperature uređaja na istoj lokaciji

podataka [3].

Budući razvoj AI i ML algoritama u WSN i LPWAN tehnologijama, dovest će do još boljeg prilagođavanja mrežnih resursa i povećanja njihove učinkovitosti u različitim primjenama, poput pametnih gradova, industrije 4.0, Interneta stvari (IoT), kao i u poljoprivredi.

Primjena AI i ML-a u sustavima za praćenja agrometeoroloških podataka na poljoprivrednim poljima u stvarnom vremenu otvara vrata za poboljšanje poljoprivredne produktivnosti i povećanje prinosa. Integracijom WSN i LPWAN tehnologija, moguće je postići visoku razinu pokrivenosti i pouzdanosti prikupljanja podataka s različitih senzora raspoređenih na polju. Ti podaci mogu uključivati informacije o temperaturi, vlažnosti zraka i tla, količini padalina, brzini vjetra itd. [4].
Kroz analizu ovih podataka pomoću AI i ML algoritama, poljoprivrednici mogu bolje razumjeti trenutačne uvjete na poljima te pravovremeno donositi odluke o navodnjavanju, gnojidbi ili zaštiti biljaka. Također, strojno učenje omogućava predviđanje stresnih stanja i prirodnih fenomena, poput suša, poplava, mraza ili štetnih organizama, što može pomoći u optimizaciji poljoprivrednih tehnika i smanjenju rizika od gubitka prinosa. Daljnji doprinos je kompenzacija na napravilnosti mjerenja uređaja koji imaju potrebu zaštite od vanjskih uvjeta.

Primjenom ovih tehnologija, poljoprivrednici mogu dobiti detaljnije informacije o zdravlju biljaka i tlu te prilagoditi svoje strategije kako bi se postigla veća produktivnost. Uz to, prikupljeni podaci mogu biti korisni za istraživače i stručnjake koji rade na razvoju novih sorti biljaka otpornih na stresne uvjete ili proučavanju utjecaja klimatskih promjena na poljoprivredu.
U budućnosti, očekuje se šira primjena AI i ML tehnologija u agrometeorološkim sustavima praćenja, što bi moglo dovesti do još većih inovacija i poboljšanja u poljoprivrednom sektoru, s ciljem održive i produktivne proizvodnje hrane za rastuću svjetsku populaciju.

Mjerenje fluorescencije klorofila jedan je od ključnih parametara koji se mogu koristiti u kombinaciji s umjetnom inteligencijom i strojnim učenjem za praćenje stanja biljaka i njihovog zdravlja u poljoprivrednim kulturama. Fluorescencija klorofila omogućuje određivanje fotosintetske aktivnosti biljaka i pruža uvid u njihovu učinkovitost u apsorpciji i iskorištavanju sunčeve energije.

Senzori koji mjeru fluorescenciju klorofila mogu se integrirati u WSN i LPWAN mreže, omogućujući praćenje ovog parametra na velikim površinama i u stvarnom vremenu. Prikupljeni podaci mogu se potom analizirati pomoću AI i ML algoritama kako bi se utvrdila optimalna strategija za upravljanje poljoprivrednim poljima, poput pravilnog vremena za navodnjavanje, gnojidbu ili primjenu pesticida.

Strojno učenje može pomoći u identifikaciji stresnih uvjeta koji utječu na fotosintetsku aktivnost biljaka, kao što su nedostatak vode, nedostatak hranjivih tvari ili prisutnost bolesti. Na temelju ovih informacija, poljoprivrednici mogu pravovremeno reagirati i poduzeti potrebne mjere kako bi osigurali zdrav rast biljaka i povećali prinose.

Osim toga, mjerenje fluorescencije klorofila može biti korišteno za identifikaciju biljnih vrsta s većom fotosintetskom učinkovitošću, što može pridonijeti razvoju novih sorti koje su otpornije na stresne uvjete i imaju veći potencijal za prinos. U kombinaciji s drugim agrometeorološkim podacima, mjerenje fluorescencije klorofila može značajno doprinijeti razumijevanju i optimizaciji poljoprivredne proizvodnje u svjetlu klimatskih promjena i rastuće globalne potražnje za hranom [5].

II. ZAKLJUČAK

Rezultati istraživanja IoT sustava u ovom radu s ciljem primjene u poljoprivredi omogućuju uvid u buduće primjene i mogućnosti korištenja naprednih tehnologija sa svrhom poboljošanja prinosa. Iako je u poljoprivredi kao i u ostalim aspektima današnjice tehnologija prisutna i dalje se razvija, fokus je većinom na manje zatvorene prostore gdje su uvjeti pogdoni za lakšu primjenu tehnologije. Daljni razvoj umjetne inteligencije i strojnog učenja sa svrhom primjene u poljoprivredi kao i također razvoj drugih tehnologija za to područje omogućit će poljoprivrednicima veću efikasnost proizvodnje na poljoprivrednim površinama. Samim utjecajem na individualne poljoprivredne proizvođače, primjena naprednih tehnologija u poljoprivredi poboljšava i unaprjeđuje i globalnu opskrbu hrane za sve veće potrebe globalnog tržišta.

REFERENCE

1. Spišić, J.; Šimić, D.; Balen, J.; Jambrović, A.; Galić, V. Machine Learning in the Analysis of Multispectral Reads in Maize Canopies Responding to Increased Temperatures and Water Deficit. *Remote Sens.* **2022**, *14*, 2596. https://doi.org/10.3390/rs14112596 [1]
2. S. Qazi, B. A. Khawaja and Q. U. Farooq, "IoT-Equipped and AI-Enabled Next Generation Smart Agriculture: A Critical Review, Current Challenges and Future Trends," in IEEE Access, vol. 10, pp. 21219-21235, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3152544. [2]
3. D. Davcev, K. Mitreski, S. Trajkovic, V. Nikolovski and N. Koteli, "IoT agriculture system based on LoRaWAN," *2018 14th IEEE International Workshop on Factory Communication Systems (WFCS)*, Imperia, Italy, 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/WFCS.2018.8402368. [3]
4. M. S. Farooq, S. Riaz, A. Abid, K. Abid and M. A. Naeem, "A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming," in IEEE Access, vol. 7, pp. 156237-156271, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2949703.[4]
5. N. N. Misra, Y. Dixit, A. Al-Mallahi, M. S. Bhullar, R. Upadhyay and A. Martynenko, "IoT, Big Data, and Artificial Intelligence in Agriculture and Food Industry," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 9, no. 9, pp. 6305-6324, 1 May1, 2022, doi: 10.1109/JIOT.2020.2998584.[5]

DI Alois Riegler, MSc

Pregledni rad
UDK 007.52:631.115.7(100)

ROBOTIK IN DER LANDWIRTSCHAFT

Abstract
Die Digitalisierung führt aktuell zu grundlegenden Umgestaltungen ganzer Lebens- und Wirtschaftsbereiche – auch die Landwirtschaft ist davon nicht ausgenommen. Viele innovative Agrartechnologien, die wesentlich auf digitaler Datenverarbeitung beruhen, sind bereits praxisreif oder in fortgeschrittener Entwicklung – etwa satellitengesteuerte Landmaschinen, Sensor- und Applikationstechniken mit variabler Dosierung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln oder Roboter für Melk-, Fütterungs- und Entmistungsvorgänge. Digitale Anwendungen erfassen große Mengen an Prozessdaten und bilden so die Grundlage für eine weitreichende Digitalisierung der landwirtschaftlichen Produktion.

Bei Sensortechnik und -systemen für die Landwirtschaft wurden in den letzten 20 Jahren große Fortschritte erzielt. Neue Messprinzipien und Sensortypen wurden erschlossen. Ebenso wurden die Möglichkeiten der Sensordatenverarbeitung und -interpretation weiterentwickelt.

Digitale Technologien gewinnen in der landwirtschaftlichen Praxis immer mehr an Bedeutung und durchdringen inzwischen alle Bereiche der Landtechnik. Sowohl im Pflanzenbau als auch in der Tierproduktion ist ein Trend zur zunehmenden Automatisierung bis hin zur autonomen Arbeitserledigung mithilfe digitaler Systeme festzustellen, wobei die Zielsetzung vorrangig die Erhöhung der Arbeitsproduktivität (Einsparung von Arbeitszeit bzw. Arbeitskräften) sowie die Steigerung der Produktionseffizienz (geringerer Inputeinsatz pro Produktionseinheit bzw. absolute Verringerung des Inputeinsatzes) ist.

Schlüsselwörter: Robotik, Landwirtschaft, Sensoren, Pflanzenbau, Landmaschinen, autonome Landmaschinen

1. Sensoren in der Pflanzenproduktion

In der pflanzlichen Produktion kann eine Reihe von Sensoren eingesetzt werden, um die Wachstumsbedingungen für Pflanzen zu optimieren und Erträge zu sichern bzw. zu steigern. Anwendungsbereiche mit besonderer Relevanz sind Boden-, Stickstoff-, Unkraut- sowie Erntesensoren.

Bodensensoren werden zur Bestimmung von Bodeneigenschaften und zur Steuerung der Bodenbearbeitung verwendet. Für eine Offlinenutzung steht bereits eine ganze Reihe von Bodensensoren als Anbaugeräte an Landmaschinen oder als Einzelgeräte kommerziell zur Verfügung. Vermutlich am meisten eingesetzt werden Sensoren, die auf elektromagnetischer Induktion zur Erfassung des relativen Wassergehalts und des Bodentyps beruhen. Mittlerweile werden erste Bodensensorsysteme für die Nutzung im Onlineverfahren angeboten. Die erhobenen Bodeneigenschaften (Bodenart, Wassersättigung und Verdichtung) werden dabei

unmittelbar, d.h. in Echtzeit, zur Steuerung einer variablen Bodenbearbeitung bzw. Aussaat genutzt.

Stickstoffsensoren dienen der teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung. Die Stickstoffversorgung bzw. der Stickstoffbedarf von Pflanzenbeständen wird dabei aus der Lichtreflexion mithilfe von Multispektralsensoren und Vegetationsindizes indirekt erschlossen. Durch Applikationsalgorithmen wird anschließend aus den Sensorwerten die auszubringende Stickstoffmenge bestimmt. Für eine teilflächenspezifische Stickstoffdüngung werden eine entsprechende Bordelektronik auf dem Traktor und ein Düngerstreuer mit variabler Streutechnik benötigt, um die vom Sensorsystem vorgegebenen variierenden Applikationsmengen ausbringen zu können. Für eine Nutzung im Onlineverfahren sind mittlerweile verschiedene Stickstoffsensorsysteme kommerziell verfügbar.

Erntesensoren sind in der Regel integraler Bestandteil von Erntemaschinen. Sie dienen zum einen der Messung der Erntemenge mithilfe von Ertragssensoren, welche die erzielten Erträge teilflächenspezifisch abbilden; eine in den Mähdrescher integrierte, kontinuierliche Ertragsermittlung ist schon seit den 1990er Jahren kommerziell verfügbar. Erntesensoren werden aber auch zur Erfassung von Qualitätseigenschaften des Erntegutes (wie Feuchte und wertbestimmende Inhaltsstoffe, z.B. Protein, Stärke, Ölgehalt) eingesetzt. Entsprechende Systeme stehen für die Ernte von Getreide, Öl-, Eiweiß- sowie Futterpflanzen kommerziell zur Verfügung. Schließlich sind mittlerweile zahlreiche Sensoren zur Steuerung der Ernteprozesse Bestandteil von Erntemaschinen. Sie erfassen sowohl Daten zur Umgebung als auch zu maschineninternen Prozessen. In Mähdreschern beispielsweise ermitteln Sensoren Bodenunebenheiten, damit durch die automatisierte Steuerung die Arbeitshöhe sowie die Neigung des Schneidwerks angepasst werden können.

2. Maschinensensoren

Landwirtschaftliche Maschinen im Feldbetrieb sind heutzutage nicht nur mit Sensoren zur Steuerung von Arbeitsprozessen, sondern auch mit umfangreicher Sensortechnik zur Messung interner Maschinenzustände ausgestattet. Die Überwachung der Maschinensituation und die Messung von Daten durch Sensoren in Echtzeit (z.B. Geschwindigkeit, Kraftstoffverbrauch, Verschleiß, Betriebszustand) ermöglichen es, optimale Betriebszustände für die jeweilige Maschine zu erreichen – und damit deren Ausfallzeiten so gering wie möglich zu halten – sowie den Betriebsmittelverbrauch (Kraftstoffe, Öle etc.) und Abgasund Geräuschemissionen zu minimieren. Sensoren geben automatisch Störmeldungen aus, wenn die spezifischen Maschinenwerte von voreingestellten Zielwerten abweichen, oder stellen mithilfe von Regelungs- und Steuerungstechnik den gewünschten Betriebszustand her.

3. Robotik im Pflanzenbau

Bedingt durch unterschiedliche pflanzenbauliche Anwendungsbereiche zeichnen sich Roboter im Pflanzenbau durch verschiedene Konstruktionsformen aus. Ziel ist es, durch den Einsatz autonomer Systeme pflanzenbauliche Prozesse zu automatisieren, um damit Arbeits- sowie ggf. Betriebskosten einsparen zu können.

Gerade vor dem Hintergrund steigender Lohnkosten sowie eines Mangels an Fachkräften sind Robotiksysteme prinzipiell interessant. Robotiklösungen zur vollständigen Automatisierung pflanzenbaulicher Prozesse (Phänotypisierung, Aussaat, Düngung, Ernte, Pflanzenschutz/ Unkrautbekämpfung etc.) sind u.a. aufgrund der schwer kontrollierbaren Umweltbedingungen und den daraus resultierenden hohen Anforderungen an die sensorische Umfelderfassung und die autonome Steuerung noch in einem frühen Entwicklungsstadium.

Gleichwohl wird an zahlreichen Konzepten gearbeitet und in einigen Bereichen, wie der Unkrautbekämpfung oder der Ernte, stehen erste praxistaugliche Prototypen zur Verfügung.

Durch die eher geringen Stückzahlen in Verbindung mit der nur saisonalen Nutzung ergeben sich relativ hohe Anschaffungskosten für Feldroboter, was tendenziell zu einem ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis führt. Daher ist ein Trend zum modularen Aufbau von autonomen Robotiksystemen für den Feld- und Ernteeinsatz erkennbar. Ziel ist es, die Grundaufgaben (Navigation, Objekt- bzw. Hinderniserkennung, Pfadplanung) auf einer Trägerplattform zu bündeln und Werkzeuge für die landwirtschaftlichen Aufgaben austauschbar zu gestalten. Damit wird die Trägerplattform universell einsetzbar, erreicht eine höhere Nutzungsdauer und die Kosten sowie der Amortisierungszeitraum verringern sich.

4. Automatisierte Landmaschinen

Unter Landmaschinen werden Traktoren, Ernte- und Bodenbearbeitungsmaschinen, Sä- und Düngetechnik sowie weitere Anbaugeräte verstanden[1]. Diese werden vor allem in der Feldbestellung genutzt, wie z.B. beim Pflügen, Drillen, Spritzen, Ernten etc. Moderne Landmaschinen verfügen über eine satellitengestützte Navigation, verschiedene digitale Funktionen auf Grundlage zahlreicher Sensoren und neue Möglichkeiten der Informationsverarbeitung, die Einsparpotenziale bei Betriebsmitteln und eine erhöhte Flächenleistung sowie Fahrerentlastungen versprechen.[2]

Auch zeichnet sich der Trend ab, Landmaschinen künftig durch automatisierte Funktionen stärker mit Einzelmaschinen, Prozessen und Datenbeständen zu vernetzen. Hierdurch ergeben sich perspektivisch gänzlich neue Optionen zur Gestaltung und Optimierung von landwirtschaftlichen Prozessketten.[3]

Historisch markiert die Entwicklung des »Lanz Bulldog« der Heinrich Lanz AG als erster Ackerschlepper im Jahr 1921 die Geburtsstunde der modernen Landmaschine, die im Lauf der Zeit immer größer und schwerer wurden.[4] Die Durchführung erster Versuche der satellitengestützten Navigation für Landmaschinen in den 1980er Jahren, mit der späteren Freigabe des zuvor militärisch genutzten GPS-Signals für die zivile Nutzung, gilt als weiterer Meilenstein.[5]

Durch die Ortung über ein Navigationssatellitensystem sowie die Entwicklung des ersten Ertragsmessgeräts für Mähdrescher wurde der Grundstein für eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung geschaffen. Die erste Ertragskarte, die georeferenziert die Ernteerträge

[1] Hartl 2017, S. 6
[2] Schmitz 2017, S. 22
[3] Hertzberg et al. 2017, S. 5
[4] Doluschitz/Gindele 2019, S.19f
[5] Lowenberg-DeBoer/Erickson 2019, S.2

innerhalb eines Schlags aufzeichnete, wurde 1984 erstellt. 1991 kamen die ersten auf Geoinformationssystemen (GIS) basierenden Applikationskarten auf den Markt und es wurden erste Versuche zur orts- und teilschlagspezifischen Bodenbearbeitung durchgeführt.[6]

Die Positionsgenauigkeit belief sich damals auf etwa 100 m. Nach der technischen Optimierung der Positionsbestimmung durch die Einführung von Real-Time-Kinematic(RTK)-Korrektursignalen wurden kurz vor der Jahrtausendwende die ersten Lenkassistenzsysteme für Landmaschinen auf dem Markt angeboten. Diese Systeme erreichten eine Genauigkeit von bis zu 50 cm.

Die zunächst hohen Investitionskosten und die geringe Erfahrung mit Satelliten-ortungssystemen verhinderten allerdings vorerst noch die Marktdurchdringung der Technologie. Erst mit der Vorstellung von automatischen Lenksystemen im Jahr 2003 kam Interesse seitens großer Ackerbaubetriebe auf, versprachen diese Technologien doch eine Entlastung bei der Steuerung von Maschinen mit großen Arbeitsbreiten. Die weitere Verbesserung und Vereinfachung der Technik führten schließlich dazu, dass auch mittelgroße Ackerbaubetriebe Interesse an Spurführungssystemen zeigten und schließlich die Investitionskosten deutlich sanken.[7]

Automatisierte Landmaschinen decken ein weites Spektrum von Maschinen unterschiedlicher technischer Ausstattung, Funktionalität und Anwendungsbereiche ab. Grundsätzlich zu unterscheiden ist zwischen den sogenannten Selbstfahrern – Landmaschinen mit eigenem Antrieb und eigener Lenkung wie Traktor, Mähdrescher, Häcksler, Rübenernter etc. – und den Anbaugeräten.

Zu Letzteren gehören Spezialmaschinen, die der Ausführung von bestimmten Bewirtschaftungsmaßnahmen dienen (z.B. Ballenpresse oder Sämaschine), jedoch keine eigene Antriebseinheit aufweisen und deshalb an eine Zugmaschine angehängt bzw. angebaut werden. Beide Maschinentypen können über automatisierte Funktionen verfügen, die spezifische und präzise definierte Aufgaben im Rahmen landwirtschaftlicher Prozesse zuverlässig und weitgehend selbstständig erledigen.

Mittlerweile ist die technische Ausstattung mit automatischen Spurführungssystemen und satellitengestützter Navigation eine Standardausführung neuer Landmaschinen mit eigenem Antrieb.[8] 2016 wurden weltweit über 300.000 Traktoren verkauft, die über eine satellitengestützte Navigationslösung verfügen. Diese Zahl soll sich laut Ghaffarzadeh (2018) bis 2027 auf über 660.000 Einheiten pro Jahr erhöhen. Zum Vergleich: Die Zahl aller weltweit verkauften Traktoren lag von 2010 bis 2014 zwischen 1,7 und 2,2 Mio.[9]

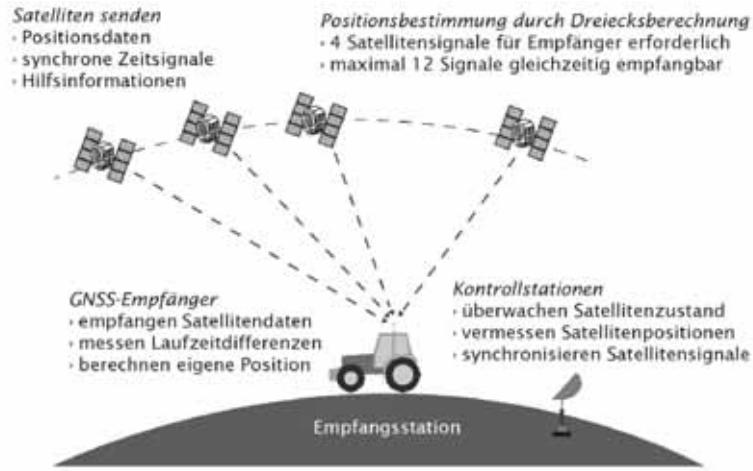
5. Navigations- und Assistenzsysteme

Eine für die moderne Landmaschinentechnik zentrale Technologie ist der GNSS-Empfänger, ohne den Anwendungen der Präzisionslandwirtschaft nicht durchführbar wären. Systeme zur satellitenbasierten Positionserkennung ermöglichen u.a. die Ortung und Navigation von Landmaschinen, die teilflächenspezifische Durchführung von Bewirtschaftungsmaßnahmen

[6] Bill/Fritsch 1994, S.5
[7] Streicher 2018
[8] Hertzberg et al. 2017, S.10
[9] Agrievolution.com

(z.B. Bodenbearbeitung, Düngung) nach Applikationskarten im Offlineverfahren, die georeferenzierte Dokumentation von teilflächenspezifischen Ausbringmengen (z.B. von Herbiziden) oder von Boden- und Bestandserhebungen (z.B. Bodenleitfähigkeit, Biomasse).

Der GNSS-Empfänger erhält Signale von Navigationssatelliten zur Positionsbestimmung (auf der Erde und in der Luft). Das Satellitensignal enthält Informationen über die Position des Satelliten und die Uhrzeit, zu der diese Position im All eingenommen wurde. Die Position des Empfängergeräts wird aus der Messung der Laufzeit der Signale verschiedener Satelliten zum GNSS-Empfänger abgeleitet. So können bei gleichzeitigem Empfang der Signale von vier Satelliten die Koordinaten jedes Ortes auf der Erdoberfläche bestimmt werden.[10]



Quelle: nach KTBL 2018, S. 242

Waren Navigationssysteme bis 2011 auf das Positionierungssystem der USA (GPS) angewiesen, sind seither GNSS-Empfänger erhältlich, die auch Signale anderer GNSS-Systeme aufzeichnen und auswerten können. Neben NAVSTAR GPS (USA) gehören zu den gängigen Formaten auch GLONASS (Russland), Beidou (China) und seit Dezember 2016 Galileo (Europa).

Die Genauigkeit aller Navigationssysteme liegt im offenen Frequenzbereich bei etwa ± 10 m. In der Landwirtschaft gibt es jedoch auch Anwendungen, die einen hohen Genauigkeitsbereich von wenigen Zentimetern erfordern. Mit dem Differential-Global-Positioning(DGP)-System besteht die Möglichkeit, mithilfe von Korrektursignalen den Genauigkeitsbereich der Positionserkennung zu erhöhen.[11]

6. Automatische Lenksysteme

Automatische Lenksysteme von Traktoren und anderen selbstfahrenden Landmaschinen enthalten die Komponenten satellitengestützte Positionsbestimmung, Software zur Fahrzeugsteuerung und automatisierte Lenkungssteuerung. Es stehen unterschiedliche

[10] Rösch et al. 2007, S.39
[11] Hertzberg et al. 2017, S.9

Lenksystemen zur Verfügung, die sich im Grad ihrer Fahrautomatisierung und in ihrer Positionsgenauigkeit unterscheiden[12]

- Manuelle Lenksysteme assistieren der Fahrerin/dem Fahrer mithilfe optischer (z.B. einer Lichtbalkenanzeige) oder akustischer Signale beim manuellen Lenken. Hiermit lässt sich eine begrenzte Genauigkeit von 0,5 bis 1 m erreichen, die Arbeitsentlastung für die Fahrerin/den Fahrer ist gering.
- Lenkassistenzsysteme greifen über die Lenkhydraulik oder mithilfe eines Elektromotors am Lenkrad direkt in die Lenkung ein. Nach der manuellen Lenkung auf die virtuelle Fahrspur im Feld erfolgt eine automatische Steuerung und der Mensch übernimmt dann eine überwachende Funktion. Es wird eine Genauigkeit von bis zu 0,3 m erreicht, die Arbeitsentlastung ist hoch.
- Lenkautomaten sind in die Hydraulik der Landmaschine integriert und ermöglichen eine autonome Fahrt auch um Hindernisse und im Vorgewende. Die Fahrzeugführenden müssen das Fahrzeug lediglich an die Nähe der Fahrspur heranfahren. Es wird eine hochgenaue Positionsbestimmung von bis zu 0,02 m erreicht.

Automatische Lenksysteme sind eine Teilkomponente von Parallelfahrsystemen, die eine praktische und mittlerweile weitverbreitete Anwendung darstellen. Parallelfahrsysteme unterstützen die Feldarbeit, indem sie die exakte Einhaltung von Abständen der Fahrspur sowie Arbeiten bei schlechter Sicht oder in der Nacht ermöglichen. Zudem erlauben sie es der Fahrerin/dem Fahrer, sich besser auf die jeweilige Bewirtschaftungsmaßnahme konzentrieren zu können.[13]

Parallelfahrsysteme erfordern folgende Komponenten:

- satellitengestützte Positionsbestimmung und Korrekturdienst,
- Vorabfestlegung der Fahrwege oder deren Speicherung beim ersten Arbeitsgang,
- Software für Parallelfahrsystem,
- Lenkassistent oder Lenkautomat.

Das Marktangebot an Lenk- inklusive Parallelfahrsystemen ist vielfältig, wobei verfügbare Systeme im Grad ihrer Fahrautomatisierung und der erzielbaren Genauigkeit variieren. Zu dem existieren elektrische und elektrohydraulische Varianten. Da Lenkautomaten tief in die Mechatronik einer Landmaschine eingreifen, werden viele Lösungen vom Maschinenhersteller als Gesamtpaket zusammen mit integriertem GNSS-Empfänger angeboten, um infolge mangelnder einheitlicher Schnittstellen Kompatibilität zu gewährleisten.[14]

7. Tractor Implement Management

Bei landwirtschaftlichen Anbaugeräten, wie z.B. der Ballenpresse oder Sämaschinen, zeichnen sich aktuell neue Entwicklungen ab, die unter dem Begriff Tractor Implement Management (TIM) zusammengefasst werden.[15] Davon ausgehend, dass das jeweilige Anbaugerät bessere Informationen über die jeweils durchzuführende Aufgabe besitzt als der Traktor bzw. die

[12] Doluschitz/Gindele 2019, S.51
[13] KTBL 2018, S.249
[14] Hertzberg et al. 2017, S.9
[15] Hertzberg et al. 2017, S.26f

Zugmaschine, an der diese befestigt ist, werden Steuerungsbefehle an die Zugmaschine übermittelt.

So kann eine Sämaschine in Abhängigkeit ihrer Funktion die Fahrgeschwindigkeit vorgeben oder eine Ballenpresse den Traktor anhalten, wenn die Presskammer voll ist und weitere Aktionen wie das Einwickeln und Ausstoßen der Ballen anstehen. Solche Systeme sind beispielsweise »Ultima«[16] und »ISOBUS«[17] sowie unter der Bezeichnung »Tractor Implement Automation« (TIA)[18] bereits am Markt verfügbar, werden jedoch bislang noch wenig genutzt.[19]

Hertzberg zufolge stellt TIM einen notwendigen Baustein für eine Vollautomatisierung von Landmaschinen dar. Damit diese Technik auch hersteller-übergreifend funktionieren kann, ist die Entwicklung offener Schnittstellen zur Kommunikation zwischen Maschinen verschiedener Hersteller von zentraler Bedeutung.

8. Autonome Landmaschinen

Um von der automatisiert fahrenden Landmaschine zu einem vollautonomen Fahrbetrieb zu gelangen, muss nicht nur das Steuern der Maschine automatisiert werden. Vielmehr müssen alle Funktionen, die der Mensch auf der Maschine übernimmt, durch autonome oder fern-gesteuerte Lösungen ersetzt werden.[20] Diese umfassen außer der reinen Navigation auch die Prozesssteuerung sowie die Umgebungsüberwachung und -interpretation. Es existiert eine Vielzahl an Forschungsprototypen, die autonome Funktionen haben und so mindestens eine Teilautonomie des Systems realisieren. Jedoch hat bis dato kein Hersteller ein Produkt auf den Markt gebracht, dass alle genannten Punkte vollständig erfüllt.

Aktuell lassen sich hinsichtlich der Entwicklung von autonomen Landmaschinen zwei Trends beobachten: autonome landwirtschaftliche Großtechnik als nächste Stufe konventioneller Landmaschinen und Robotik als autonome Kleintechnik. Während autonome land-wirtschaftliche Großtechnik stärker darauf angelegt ist, konventionelle Agrarprozesse weiter zu automatisieren, werden Robotersysteme mehr oder weniger gezielt dafür verwendet, Agrarprozesse zu verändern, z.B. um durch kleinere Systeme die Bodenbelastung zu reduzieren. Es ist offen, welche der beiden Richtungen in Zukunft dominieren wird.[21]

Die folgenden Ausführungen fokussieren hingegen auf Systeme, die sich in Form und Funktionalität an konventionelle Landmaschinen anlehnen. Gegenwärtig können im Bereich der autonomen Großtechnik drei Ansätze unterschieden werden:

- Automatisierung bisheriger Traktorkonzepte mit oder ohne Fahrerkabine
- Master-Slave-Systeme
- Gantrysysteme

[16] www.landtechnik.co.at/fileadmin/PDF/Krone_Ultima_Prospekt.pdf (01.05.2023)
[17] www.fendt.com/de/smart-farming/maschinensteuerung (01.05.2023)
[18] www.deere.co.uk/en/agricultural-management-solutions/guidance-automation/tractorimplement-automation/ (01.05.2023)
[19] Hertzberg et al. 2017, S.27ff
[20] Hertzberg et al. 2017, S.13f
[21] Gaus et al. 2018, S.2

Aus Forschungsarbeiten zu autonomen Traktoren sind mittlerweile produktnahe Entwicklungen hervorgegangen, deren Ansätze von der Autonomisierung bestehender Traktoren bis hin zu neuen Traktortypen ohne Fahrerkabine reichen.[22] Gemeinsam ist den Entwicklungen, dass das Fahren des Traktors sowie das Ankoppeln von Anbaugeräten autonom erfolgt.

Automatisierte Traktoren ohne Fahrerkabinen beispielsweise setzen auf eine umfassende Umgebungserkennung, zumeist mittels einer Kombination aus Radar und Lidar[23] sowie einer RGB-Kamera. Ein detektiertes Hindernis wird direkt auf einen entfernten Bildschirm (z.B. Tablet) gesendet, was es den Bedienenden ermöglicht, die Szene zu interpretieren und die entsprechende Reaktion des Fahrzeuges anzustoßen. Ein Beispiel hierfür ist das »Case IH Autonomous Concept Vehicle«[24]

Trotz der teilautonomen Betriebsweise bleibt bei solchen Systemen die Frage offen, wie die Anfahrt zum und Abfahrt vom Feld auf öffentlichen Straßen gesetzlich geregelt werden soll, da der vollautonome Fahrbetrieb aktuell nicht mit der Straßenverkehrsordnung konform geht.

Im Bereich der autonomen Traktorkonzepte mit Fahrerkabine gibt es bereits einige Prototypen unterschiedlicher Hersteller: Ausgestattet mit einer umfassenden Umfelderkennung lässt der »NHD Concept Autonomous Tractor«[25] sowohl einen manuellen als auch autonomen Betrieb zu. Ein weiterer Prototyp, der »ZF Innovation Tractor«, kann per Tablet aus der Ferne manövriert werden; darüber hinaus ist das System in der Lage, selbstständig Arbeitsgeräte zu erkennen und steuert vollautonom die richtige Position zum Ankoppeln an. Dieser Vorgang wird automatisch unterbrochen, wenn ein Mensch zwischen Traktor und Arbeitsgerät tritt. Die dazu notwendige Umfelderfassung ist kamerabasiert.[26]

Master-Slave-Systeme oder Systeme, die auf einer elektronischen Deichsel basieren, befinden sich mittlerweile in einem produktfähigen Stadium.[27] Mithilfe von Master-Slave-Systemen können mehrere landwirtschaftliche Großmaschinen nebeneinander auf einem Feld Tätigkeiten verrichten, wobei nur eine Maschine mit einer Fahrerin/einem Fahrer besetzt ist.

Die weiteren Landmaschinen folgen quasi autonom. Im Rahmen dieser überwachten Autonomie kontrollieren die Bedienenden auch die unbemannten Maschinen und stellen deren Betrieb sicher. Durch dieses Master-Slave-Prinzip können mehrere kleinere und damit leichtere Landmaschinen eingesetzt werden und so die durch einen einzigen großen und

---

[22] Gaus et al. 2018, S.7f

[23] Unter Light Detection and Ranging (Lidar) werden bestimmte Sensorsysteme zur optischen Abstands- und Geschwindigkeitsmessung zusammengefasst. Lidar basiert auf einem ähnlichen Verfahren wie Radar. Statt Radiowellen werden jedoch Laserstrahlen zur 3-dimensionalen Vermessung der Umgebung eingesetzt.

[24] https://media.cnhindustrial.com/EUROPE/CNH-INDUSTRIAL-CORPORATE/cnh-in dustrial-brands-reveal-concept-autonomous-tractor-development--driverless-technolo gy-to-boost-/s/a2259742-061a-412a-8a12-d307dbaedd88 (01.05.023)

[25] https://agriculture.newholland.com/apac/en-nz/about-us/whats-up/news-events/ 2017/new-holland-nhdrive-concept-autonomous-tractor (01.05.2023)

[26] ZF Group (https://youtu.be/W1m7gyy8kEA; 01.05.2023)

[27] Gaus et al. 2018, S.8f

zugleich schweren Traktor verursachte Bodenbeanspruchung reduzieren. Erste praxisreife Konzepte präsentierte die AGCO Fendt GmbH auf der »AGRITECHNICA« 2011 (FAST o.J.).

Quelle: CNH Industrial Österreich GmbH

Gantrysysteme, auch Brückensysteme genannt, sind ein weiterer Entwicklungsansatz für autonome Landmaschinentechnik, der aus dem Bereich des Controlled Traffic Farming hervorgegangen ist.[28] Es handelt sich dabei um Geräteträger, sogenannte Gantries, welche gemäß dem Gedanken des Controlled Traffic Farming durch außen liegende Reifen den Fahrspuranteil reduzieren und somit eine große Arbeitsbreite sowie einen großen Wachstumsraum für die Pflanzen ermöglichen.[29]

Quelle: Pedersen 2020

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass weiterer Forschungsbedarf im Bereich der Automatisierung von Landmaschinen besteht.[30] Dies betrifft nicht nur die Automatisierung der Fahraufgabe hin zu einem vollautonomen Fahrbetrieb während der Nutzung (inklusive Verbesserung der Umfelderfassung), sondern insbesondere die Automatisierung von Bewirtschaftungsprozessen.

Gaus verweist in diesem Zusammenhang auf fehlende »Prozessmodelle oder -beschreibungen, mit deren Hilfe Automatisierungsalgorithmen [angesichts der komplexen Vorgänge zwischen Boden und Werkzeug] Handlungsanweisungen für die Maschine ableiten könnten«. Um diesen Mangel zu beheben, werden Gaus zufolge Forschungsprogramme benötigt, »die explizit die

[28] Gaus et al. 2018, S.9
[29] Holpp et al. 2013, S.2
[30] Gaus et al. 2018, S.28f

Verknüpfung von Methoden künstlicher Intelligenz (KI) mit den Anwendungsfeldern im Ackerbau fördern«. In dem Maße, in dem Assistenzfunktionen komplexer werden, sind diese zudem verstärkt auf die Kommunikation der Maschinen untereinander und/oder mit einem zentralen Server angewiesen, um prozessrelevante Daten austauschen zu können. Umsetzungsprobleme ergeben sich dabei durch die mangelnde Netzabdeckung in den ländlichen Räumen. Kompatible Datenformate oder Systeme wie ISOBUS, die die Kommunikation zwischen Maschinen unterschiedlicher Hersteller ermöglichen, sind schon heute von großer Relevanz.[31]

8. Roboter im Pflanzenbau

Roboter im Pflanzenbau zeichnen sich durch verschiedene Bau- und Konstruktionsformen aus, die durch unterschiedliche pflanzenbauliche Anwendungsbereiche bedingt sind. Ziel ist es, durch den Einsatz autonomer Systeme pflanzenbauliche Prozesse zu automatisieren, um damit Arbeits- sowie Betriebskosten einsparen zu können. Gerade vor dem Hintergrund steigender Lohnkosten sowie eines Mangels an Fachkräften sind Robotiksysteme prinzipiell interessant.

Zudem bieten sie die Möglichkeit, durch den Einsatz von autonomen Kleinmaschinen neue umweltschonendere Produktionssysteme zu etablieren.[32] Aktuell gibt es allerdings nur sehr wenige marktverfügbare Robotersysteme für den Pflanzenbau. Vielmehr befindet sich ein Großteil der Systeme noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase.

Im Folgenden werden Feldroboter (für Aussaat, Bodenbearbeitung, Unkrautbekämpfung etc.) und Ernteroboter getrennt betrachtet. Diese Unterteilung erfolgt vor dem Hintergrund, dass diese beiden Anwendungsgebiete unterschiedliche technische Anforderungen stellen. Bei der Feldarbeit besteht die Herausforderung vor allem in der Bewältigung der komplexen und veränderlichen Umgebungsbedingungen bzw. Variation des Pflanzenbestands (unterschiedliche Bodenbeschaffenheit, heterogener Pflanzenbestand etc.). Ernteroboter werden bisher vor allem im Obst- und Gemüsebau eingesetzt. Bei der technischen Weiterentwicklung stehen die automatisierte Erntefruchterkennung sowie die Greif- bzw. Greifarmtechnik im Vordergrund.

9. Feldroboter

Feldroboter können sehr unterschiedliche Einsatzbereiche umfassen, was sich in der vielfältigen Forschungs- und Entwicklungslandschaft widerspiegelt.

Anwendungsgebiete sind:

- Bonitur (Bestimmung von Pflanzenmerkmalen sowie der Pflanzengesundheit);
- Bodenuntersuchung zur Bestimmung von Bodeneigenschaften;
- Bodenbearbeitung wie z.B. Hacken des Bodens;
- Aussaat;
- Unkrautbekämpfung mittels mechanischer oder chemischer Methoden;
- Pflegearbeiten im Obst- oder Weinbau wie das Ausästen

[31] Hertzberg et al. 2017, S.21
[32] de Witte 2019

Viele der aktuell in der Entwicklung befindlichen Prototypen haben ein multifunktionales Einsatzspektrum und/oder sind modular aufgebaut, sodass sie sich nicht einem Anwendungsbereich eindeutig zuordnen lassen. Im Folgenden werden vier ausgewählte Entwicklungen – Roboter zur Phänotypisierung, Aussaatroboter, Roboter zur Unkrautbekämpfung sowie Pflanzenschutzroboter – exemplarisch vorgestellt, um einen Überblick über das breite Spektrum an Einsatzmöglichkeiten für Feldroboter sowie deren Entwicklungsstand zu geben.

10. Roboter zur Phänotypisierung

In der Pflanzenzüchtung war bisher die Bonitur von Pflanzenentwicklung und -eigenschaften für viele Zuchtlinien (Phänotypisierung) ein sehr arbeitsaufwendiger Prozess, der bei der visuellen Bonitur nicht objektiv und kontinuierlich in den Zuchtgärten durchgeführt werden konnte. Zur Automatisierung der Boniturarbeit wurde in Deutschland der »BoniRob« entwickelt. Ausgangspunkt war ein von 2008 bis 2011 durchgeführtes Projekt der Hochschule Osnabrück in Zusammenarbeit mit AMAZONEN-WERKE H. Dreyer SE & Co. KG und der Robert Bosch GmbH.[33]

Ziel war der Aufbau einer autonomen Roboterplattform zur automatisierten Phänotypisierung von Maispflanzen. Zur Ermittlung geometrischer Pflanzenparameter wurde der »BoniRob« mit zahlreichen optischen Sensoren ausgestattet. In Feldversuchen wurde mit »BoniRob« die Reihenerkennung verschieden großer Maispflanzen untersucht. Zudem wurde ein Modul für Bodenanalysen entwickelt und getestet.[34]

Mit dem Abschluss des Projekts »BoniRob« an der Hochschule Osnabrück im Jahr 2011 wurde der Roboter von der Bosch GmbH (2015) weiterentwickelt, u.a. im Rahmen des Projekts »Remote Farming«, das im Zeitraum von 2011 bis 2014 durchgeführt wurde und sich der extern kontrollierten mechanischen Beikrautregulierung in Möhren widmete.[35] Im Projekt wurde ein Modul zur mechanischen Unkrautbekämpfung entwickelt, wobei bildgebende Daten vom Feld via Internet an einen Menschen zur Identifizierung der Beikräuter übertragen wurden. Neuere Versionen des Roboters wurden auf der Landtechnikmesse »AGRITECHNICA« 2015 vorgestellt, darunter die Prototypen zur mechanischen Unkrautbekämpfung (»Weedmobile«) und der überarbeitete »BoniRob v3«.

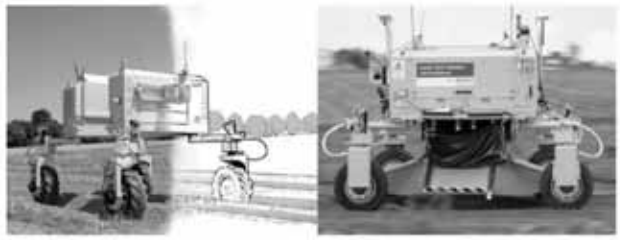
Interessant ist, dass der Roboter im Zuge der Weiterentwicklung deutlich verkleinert und vereinfacht wurde, um ein vermarktungsfähiges Konzept zu erhalten.[36]

In seiner aktuellen Version handelt sich um einen modularen Feldroboter von etwa 1 t Gewicht und ca. 2 m Höhe (Abb. 5.8), der als Trägerfahrzeug aufgebaut ist und dessen Fahrwerk variabel verändert (Spurbreite und Überfahrtshöhe) und so leicht an unterschiedliche Bedingungen angepasst werden kann.[37] Der Antrieb erfolgt elektrisch. An der Trägerplattform können unterschiedliche Werkzeugmodule angebracht werden – u.a. zur Bestimmung

[33] Herlitzius/Fehrmann 2017, S.19f
[34] Göttinger et al. 2014
[35] Herlitzius/Fehrmann 2017, S.20f
[36] Gaus et al. 2018, S.35
[37] Gaus et al. 2018, S.35S

von Pflanzen- (Phenotyping-App) und Bodeneigenschaften (Penetrometer- App) oder zur Bekämpfung von Unkraut (Weeding-App).[38]

Der »BoniRob« wird gegenwärtig im Rahmen des BMEL-geförderten Verbundprojekts »Experimentierfeld Agro-Nordwest« unter Beteiligung von Partnern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Praxis weiterentwickelt (Laufzeit: 2019–2022). Ein Forschungsschwerpunkt liegt auf der sensorbasierten mechanischen Unkrautregulierung und einem Vergleich mit herkömmlichen Verfahren der Unkrautregulierung.[39]



links Trägerplattform; rechts »BoniRob« inklusive Anwendung zur Phänotypisierung von Pflanzenständen

Quelle: Robert Bosch GmbH

11. Roboter zur Unkrautbekämpfung

Bei Robotern zur Unkrautbekämpfung werden verschiedene Konzepte verfolgt, denen der elektrische Antrieb und Sensorsysteme zur Erkennung von Unkräutern gemeinsam sind. Ein wesentlicher Unterschied besteht hinsichtlich der Art der Unkrautbekämpfung (chemisch, mechanisch oder thermisch). Es gibt u.a. folgende kommerziellen Angebote:

- »Dick«[40] (chemische, mechanische oder thermische Unkrautbekämpfung),
- »Avo«[41] (chemische Unkrautbekämpfung),
- »Robocrop Spot Sprayer«[42] (chemische Unkrautbekämpfung)
- »Oz Weeding Robot«[43] (mechanische Unkrautbekämpfung), der im folgenden exemplarisch vorgestellt werden soll.

Der »Oz Weeding Robot« ist ein autonomer Feldroboter, der für den Einsatz in Reihenkulturen im Gemüse- und Weinbau konzipiert wurde und primär der mechanischen Unkrautbekämpfung dient.[44]
Der relativ kleine Roboter mit einem Leergewicht von rund 100 kg und einer Fahrzeugbreite von 40 cm ist bereits marktverfügbar. Mithilfe spezifischer Werkzeuge (Pflug, Unkrautbürste, Stiel, Federzinken- und Standardegge) entfernt der Roboter mechanisch Unkraut. Hierbei arbeitet er autonom (nach einer Anlernphase) die einzelnen Pflanzenreihen ab. Alternativ ist er mithilfe eines speziellen Modus aber auch in der Lage, Menschen selbstständig zu folgen, was z.B. zum Abtransport der Ernte genutzt werden kann (kleinere Anhänger können angehängt

[38] Schwich et al. 2019, S.41f.
[39] www.agro-nordwest.de/schwerpunkte/#psp5 (01.05.2023)
[40] https://www.smallrobotcompany.com/weed-killing (01.05.2023)
[41] www.ecorobotix.com/de/avo-autonomen-roboter/ (01.05.2023)
[42] https://garford.com/de/robocrop-spot-sprayer/ (01.05.2023)
[43] www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/weeding-robot-oz/ (01.05.2023)
[44] Schwich et al. 2019, S.5f

werden). Zudem kann der Roboter per Fernsteuerung (mit einer Reichweite von 10 m) manuell bedient werden. Der Antrieb erfolgt über Elektromotoren, die einen Betrieb von 3 bis 10 Stunden (je nach Bodenbeschaffenheit und Einsatzzweck) ermöglichen.

Quelle: Naio Technologies

12. Roboterschwarm für Aussaat

Im Rahmen des durch die Europäische Kommission geförderten Projekts »Mobile Agricultural Robot Swarms« (MARS) hat die AGCO Fendt GmbH die Konzeptidee für ein Robotersystem von kleinen Fahrzeugschwärmen zur präzisen Aussaat untersucht (Laufzeit 2014–2015).[45]

Aus dem Projekt ging ein Robotersystem hervor, das kontinuierlich weiterentwickelt wird. Das Robotersystem »Xaver«161 besteht aus einer Logistikeinheit sowie aus kleinen, im Schwarm operierenden Robotereinheiten, die mithilfe von cloudbasierten Lösungen die präzise Aussaat von Mais planen, durchführen und exakt dokumentieren.[46] Dabei werden der Ablageort und der Saatzeitpunkt für jedes Saatkorn genau festgehalten.

So ist für nachfolgende Prozesse wie Unkrautbekämpfung, Pflanzenschutz und Düngen exakt bekannt, wo sich die Einzelpflanze befindet. Die einzelnen Maschineneinheiten sind batteriebetrieben, besitzen einen elektrischen Antrieb, haben ein geringes Gewicht (ca. 50 kg) und durch die relativ großen Reifen ist der Bodendruck vernachlässigbar gering.

[45] https://ec.europa.eu/eip/agriculture/en/find-connect/projects/saving-time-and-resour ces-swarm-seeding-robots (01.05.2023)
[46] Herlitzius/Fehrmann 2017, S.28f

Quelle: AGCO GmbH/Fendt

13. Roboter für Pflanzenschutz im Obst- und Weinbau

Als Beispiel für die Entwicklung von Pflanzenschutzrobotern wird das Forschungsprojekt »elWObot« (»elektrisch betriebener Wein- und Obstbauroboter«)162 vorgestellt, das von 2012 bis 2015 von der Technischen Universität Dresden in Zusammenarbeit mit der Raussendorf Maschinen- und Gerätebau GmbH, der Hochschule Osnabrück und der Hochschule Geisenheim durchgeführt wurde und die Konstruktion eines elektrisch angetriebenen Plantagenroboters für den Obst- und Weinbau zum Ziel hatte.

»elWObot« baute auf dem Forschungsprojekt »Cäsar« (2009–2012)163 auf, in dem ein multifunktionales Trägerfahrzeug für die Automatisierung von Arbeitsprozessen in geschlossenen Obst- und Weinanlagen entwickelt wurde (Pflanzenschutz, Bodenpflege, Düngung, Konturschnitt, Ernte und Transport).[47]

»elWObot« verfügt über einen dieselelektrischen Einzelradantrieb mit elektrischer Einzelradlenkung.[48] Dies ermöglicht eine Navigation des Fahrwerks auf engstem Raum. Die Navigation in der Baumreihe wird mit einem 2-D-Laserscanner (Lidar) durchgeführt, wobei die Orientierung an den Baumstämmen erfolgt. Gleichzeitig wird mit dem Sensor ein 270°-Sicherheitsbereich überwacht. Befindet sich ein Hindernis im Sichtbereich, bleibt das Fahrzeug stehen, bis dieses entfernt wurde.

»elWObot« ist in der Lage, das Ende einer Baumreihe zu erkennen und selbstständig in die nächste Baumreihe zu wenden. Ein 3-D Laserscanner scannt die Laubwand ab und appliziert in Abhängigkeit des Blattvolumens Pflanzenschutzmittel. Auch Lücken in den Baumreihen werden erkannt, hier wird dann kein Pflanzenschutzmittel ausgebracht.

Das Fahrzeug »elWObot« ist als Forschungsprototyp einzustufen.[49] Hinsichtlich Funktionalität, Zuverlässigkeit und Bedienkomfort gibt es noch erheblichen Entwicklungsbedarf. Das angestrebte Anwendungsspektrum umfasst neben der Ausbringung von Pflanzen-schutzmitteln auch Aufgaben wie die Bearbeitung des Bodens, den Laubschnitt

[47] Herlitzius/Fehrmann 2017, S.22
[48] Herlitzius/Fehrmann 2017, S.23f
[49] Herlitzius/Fehrmann 2017, S.25

oder das Mulchen.[50] Für den Prototypen existiert derzeit jedoch nur ein elektrisches Pflanzenschutzgerät zum Sprühen von Pflanzenschutzmitteln, weitere Komponenten wie einen Mulcher zur Grünlandpflege gilt es noch zu entwickeln. Auch eine Fernüberwachung ist derzeit nicht möglich.

Quelle: TU Dresden

14. Ernteroboter

Ernteroboter dienen dazu, die arbeitsintensiven, körperlich belastenden und repetitiven Erntearbeiten auf dem Feld (oder in Gewächshäusern) zu automatisieren, für die es immer schwieriger wird, Arbeitskräfte zu finden. Trotz des großen Automatisierungsbedarfs in diesem Bereich sind Robotiklösungen zur autonomen Durchführung von Ernteprozessen trotz einiger weniger kommerzieller Markteinführungen[51] immer noch weitgehend Gegenstand der Forschung.

Gründe dafür liegen in den sehr heterogenen Umweltbedingungen, unter denen diese Roboter agieren müssen.[52] Spezifische Herausforderungen stellen u.a. die Erntefruchterkennung bei unterschiedlichen Pflanzenwuchsbedingungen (bezüglich der Pflanzendichte, Wuchshöhe und -richtung), die Detektion des Reifegrads der Früchte sowie die Koordination und Handhabung der Pflückaktivität dar (u.a. Greifen und Pflücken der Frucht, ohne diese zu beschädigen).

Ein entscheidendes Kriterium für eine ökonomische Rentabilität automatisierter Ernteprozesse im Gegensatz zum manuellen Pflücken ist die Pflückzeit, also die Zeit, in der über den Reifegrad der Frucht entschieden und entsprechend der Entscheidungskriterien die Frucht gepflückt wird oder nicht.[53]

Shamshiri führen hier beispielhaft eine durchschnittliche manuelle Pflückzeit für rote Paprikaschoten von ca. 6 Sekunden pro Frucht an und konstatieren weiter, dass die durchschnittliche Pflückzeit von automatisierten Systemen aktuell noch darüber liegt. Entsprechend konzentriert sich die Forschung im Bereich der automatisierten Ernteroboter vor allem auf die Erhöhung der Greifgeschwindigkeiten und die Verbesserung der Griffvariabilität sowie auf die verlässliche Erkennung erntefähiger Früchte durch den Roboter in möglichst kurzer Zeit.[54]

---

[50] Rügheimer 2016

[51] Als einer der weltweit ersten kommerziell verfügbaren Ernteroboter gilt ein von der BayWa-Tochter T&G Global (BayWa 2019) in der neuseeländischen Apfelernte eingesetztes Gerät. Entwickelt wurde das Gerät von Abundant Robotics, Inc.

[52] Shamshiri et al. 2018, S.6

[53] Shamshiri et al. 2018, S.6

[54] Arad et al. 2020; Herlit zius/Fehrmann 2017, S.32; Mu et al. 2020; Shamshiri et al. 2018; Xiong et al. 2019

Aus den zahlreichen Forschungs- und Entwicklungsprojekten[55]165 für automatisierte Ernteroboter werden im Folgenden exemplarisch der »Robotic Strawberry Harvester« – ein kurz vor der Markteinführung befindlicher Roboter zur Erdbeerernte – sowie das EU-finanzierte Forschungsprojekt »Sweeper« und der hieraus entwickelte Prototyp näher vorgestellt.

14.1 Robotic Strawberry Harvester

Der »Robotic Strawberry Harvester«[56] ist ein System zur automatisierten Erdbeerernte. Voraussetzung für den Einsatz des Ernteroboters ist ein Anbauverfahren der Erdbeeren, das an die Erntetechnologie angepasst ist.[57] Hierzu werden die Erdbeerpflanzen auf einer Art zeilenförmigem Hochbeet angepflanzt. Dadurch hängen die Erdbeeren an den Seitenwänden des Hochbeetes herunter und sind somit für den Roboter frei zugänglich.

Auf der Basis von Bilderkennungstechnologien erkennt das Kamerasystem die Farbe der zu erntenden Erdbeeren. Erfüllt eine Erdbeere bestimmte vordefinierbare optische Reifekriterien, wird die Frucht gepflückt.167 Der »Robotic Strawberry Harvester« besteht aus 24 Roboterarmen, die jeweils mit Schneidwerkzeug bestückt sind und die am Stängel abgeschnittenen Erdbeeren in einen Sammelkorb legen. Ultraschallsensoren sorgen für die Kollisionsvermeidung und halten das Fahrzeug in der Spur. Dabei orientieren sie sich an den Erdbeerpflanzreihen. Das System soll bis zu sechs manuelle Pflücker ersetzen können.

Quelle: Agrobot

14.2 Sweeper

»Sweeper« war ein EU-Forschungsprojekt (Laufzeit: 2015–2018) zur automatisierten Ernte von Paprikaschoten im Gewächshaus. Das Projekt wurde federführend koordiniert durch die Wageningen Universität in Zusammenarbeit mit sechs (inter)nationalen Partnern.[58]

---

[55] Beispiele sind Entwicklungen für die Ernte von Tomaten (Panasonic 2018), Gurken (Fraunhofer Gesellschaft 2018), Erdbeeren (Xiong et al.
2019), Orangen (Ferreira et al. 2018) oder Kiwis (www.roboticsplus.co.nz/kiwifruit-picker; 01.05.2023).
[56] www.agrobot.com/ (18.8.2021)
[57] Herlitzius/Fehrmann 2017, S.27f
[58] Das Forschungsprojekt »Sweeper« knüpft an die Ergebnisse des zuvor abgeschlossenen EU-Forschungsprojekt »CROPS« an (www.sweeper-robot.eu/participants; 01.05.2023).

Der »Sweeper« besteht aus einer selbstständig fahrenden Plattform, ausgestattet mit einer Scherenhebebühne, um alle für die Ernte relevanten Arbeitshöhen zu erreichen. Das System ist so konzipiert, dass es sich auf entsprechenden Röhrengleisen entlang der Pflanzenreihen bewegt und über einem standardisierten industriellen Roboterarm verfügt. Dieser enthält ein speziell gefertigtes Greiforgan mit Schneidevorrichtung, Pflanzenstielhaltemechanismus, RGB Kameras und LED-Einbauten zur Umfelderkennung. Der entwickelte Prototyp ist in der Lage, die Paprikaschoten zu detektieren, diese gemäß den hinterlegten Reifegradkriterien zu ernten und in einem Transportbehälter abzulegen. Wie die meisten Ernteroboter ist auch der »Sweeper« für den Einsatz in Reihenkulturen gedacht und bedarf entsprechend standardisierten Rahmenbedingungen, wie z.B. einer zweireihigen Bepflanzung mit einem durchschnittlichen Mittelgang von 20 cm dazwischen.[59]

Quelle: www.sweeper-robot.eu

[59] Arad et al. 2020

Hrustem Smailhodžić[1]

Stručni rad
UDK 005.7:[681.586:621.317.39

FIZIKALNI SENZORI U FUNKCIJI VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Rezime

Mogučnosti mašina da se kortiste podacima koje daju senzori, omogućava praćenje softvera iz računara, analogno kao kod živih sistema. Dakle, svodi se na fizkalne procese prenosa informacija, koje stignu iz spoljnjeg svijeta.

Naime, mehanički procesi ritmične promjene, za primjer, pritiska – zvuk, promjene fizičkih veličina; senzor može da prevede u električni signal. Isto tako elektromagnetni ipmuls senzorom se može prevoditi u električni signal i kao takav iskoristiti u binarnom sistemu za obradu na računaru.

Rad ima za cilj da pregledno iznese fizikalne osnove rada senzora koji mogu biti osnova vještačke inteligencije

Ključne riječi: senzori, vještačka ineligencija, roboti

Hrustem Smailhodžić[2]

PHYSICAL SENSORS IN THE FUNCTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Summary

The ability of the machines to match the data provided by the sensors enables the monitoring of the software from the computer. The senses that living systems have are reduced to physical processes of information transmission, which arrive from the outside world.

Namely, mechanical processes of rhythmic changes in pressure - the sound sensor can translate into an electrical signal. Likewise, the electromagnetic pulse can be translated by the sensor into an electrical signal and used as such in a binary system for computer processing.

The aim of the work is to present the physical basis of sensor operation, which can be the basis of artificial intelligence

Keywords: sensors, artificial intelligence, robots

[1] Evropski univerzitet Brčko Distrikt
[2] European University Brčko District

1.UVOD

Tehnologija danas čini sastavni dio ljudskih života. Za primjer, vještačka inteligencija je dokazala da je moguće naučiti računalo značajkama koje karakteriziraju ljude. Neposredana veza sa računalom se ostvaruje putem senzora Senzor ili pretvornik (njem. Sensor, engl. sensor, prema lat. sensus: osjećanje; osjećaj; osjetilo) je uređaj koji mjeri fizikalnu veličinu (npr. temperature, vlažnosti zraka, tlaka, broj okretaja motora) i pretvara je u signal pogodan za daljnju obradu, najčešće u električni signal, za primjerza računalo. Koriste se u svakodnevnici; dodir - osjetilni senzor ili lampa koja se pali na dodir. Postoje i mnoge druge aplikacije o kojima ljudi uopće ne razmišljaju. Primjene uključuju automobile, letjelice, medicinu, proizvodnju, robotiku i slično, a vremenom se proširivalo i nadopunjavalao korištenje senzora s ciljem zamjene čovjeka.

Senzori se dalje klasifikuju na osnovu fizičkih parametara; ove vrste se mogu koristiti za mjerenje bilo čega.
Najčešći senzori su senzor nagiba, magnetni senzor, kamere, senzor boje, senzor pritiska, senzor otiska prsta, senzor struje, senzor svjetla itd.
No, senzorska fizička interpretacija, obrada signala i umjetne inteligencije (SPISAIP[(2)]) je sveobuhvatno polje istraživanja praktične primjene senzora, dalje interpretacije, obrade signala algoritame vještačke inteligencije, gdje se podrazumijeva učenje, razmišljaje i djelovanje mašine kao živog sistema, čovjeka za primjer.
Ovaj sistem premošćuje granicu između teorije i primjene, razvijajući nove, teorijski inspirisane metodologije, koje ciljaju i na dugotrajne i na nove aplikacije zasnovane na senzorima, kako kod klasičnih računala, tako i kod kvantnih računala, koja koriste kvantna svojstva čestica za predstavljanje i struktuiranja podataka.
Pomenuta tema uključuje senzore i instrumente različitih modaliteta, tehniku objedinjenja multimodalnih senzora i njihovu vezu sa fizičkom interpretacijom, s ciljem prepoznavanja i analize uzoraka senzora. Kad se govori o umjetnoj opštoj inteligenciji (AGI), misli se na vrstu umjetne inteligencije koja je otprilike jednako sposobna kao i čovjek.

Signali se prenose iz jednog u drugi neuron složenim elektro-kemijskim reakcijama. Kemijske tvari koje se ispuštaju iz sinapsi uzrokuju promjenu električnog potencijala tijela stanica. Kada potencijal dosegne prag, električni impuls šalje akcijski potencijal preko aksona. Puls se prostire i na kraju dođe do sinapse, te poveća ili smanji njen potencijal.

Nije ovdje tema mašinsko učenje za obradu signala senzora i slike, što može biti intrigantna tema drugog rada.

Također je izostavljen obrada podataka i analitika za velike senzorske podatke, što takođe može biti tema posebnog rada

2. SENZORI

Sl. 1. Neposredan primjer fizikalnog senzora kod robota

Robot koristi senzore na vrhovima prstiju da izvrši mjerenja.Inspirisani pijavicama koje sišu krv, senzori suvih elektroda utvrđuju krvni pritisak kombinovanjem očitavanja elektrokardiograma (EKG) i fotopletizmograma (PPG).

2.1.Klasifikacija senzora

2.1.1.Klasifikacija po prirodi izmjerene veličine

Toplinski senzori se koriste za mjerenje temperature(T), toplinskog kapaciteta(mc) i topline sagorijevanja (q_i) tokom vremena (t), a kao izlaz je struja(i) i/ili napon

$i,u = f(T,mc,q_i ,t..)$

Termoelektrični materijali u spoju sa platinom čine termoelment, a kao izlaz daju termoelektrični napon u funkciji temperature.
Materijali koji se koriste za izradu termoelemenata su metali sa različitom kentracijom nosilaca elektriciteta !
Postoje i poluprovodnički termoelementi koji se uglavnom koriste kod detektovanja infracrvenog zračenja.

Sl.2. Termoelementi: konstrukcija, termoelement sa zavarenim žicama

Mehanički senzori se, opet, koriste za mjerenje sile(F), tlaka(p), vakuuma i mehaničkog naprezanja (μ) u funkciji strue (i) i/ili napona(u).

$i,u = f(F,p, \mu,t..)$

Kinematički senzori se koriste za mjerenje linearnog ubrzanja (a) i uglovnog ubrzanja(α) i brzine protoka (Q)

$i,u = f(a,\alpha,Q,t..)$

Geometrijski senzori se koriste za mjerenje položaja tijela u funkciji vremena.

$i,u = f(x,y,z,,t..)$

Radijacijski senzori se koriste za mjerenje intenziteta toplinskog, nuklearnog, akustičnog i elektromagnetnog zračenja, boje parametara valnog procesa.

$i,u = f(J,I, \nu,t..)$

Vremenski senzori se koriste za mjerenje vremena i frekvencije (ν).

Električni senzori se koriste za mjerenje elektromotorne sile (EMS), struje(i), otpora(R) induktivnosti (L), kapaciteta(C) i električne vodljivosti (ρ)

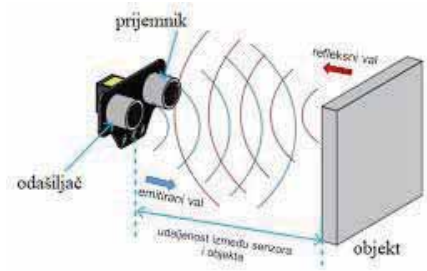
$i,u = f(EMS,I,R,L,C, \rho ,t..)$
.
Fizikalni senzori se koriste za mjerenje mase (m), gustoće (ρ), vlažnosti (σ), tvrdoće (τ) i hrapavosti(φ)

$i,u = f(m, \rho , \sigma , ,t. \varphi.)$

Dakle, niz je fizikalnih veličina za koje postoje uređaji-senzori za njihovu registraciju. Naravno izuzetno je bitna matematska veza među fizikalnim veličinama, koje slijede iz prirodnih zakona.

2.1.2 Klasifikacija prema principu rada

Pretvaranje neelektričnih mjernih veličina u električne vrši se pomoću odgovarajućih pretvarača na dva načina. Prvi način podrazumijeva da se odgovarajuća neelektrična veličina pretvara u pretvaraču u elekričnu veličinu.
Pretvarači koji rade na ovaj način zovu se aktivni pretvarači; oni za svoj rad ne trebaju dodatnu energiju.



Sl. 3. Aktivni pretvarač

Drugu grupu pretvarača čine pasivni pretvarači ili parametarski pretvarač i u njima neelektrične veličine utječu na promjenu neke električne karakteristike; kapaciteta, otpora ili induktivnosti.
Sa druge strane hemijski senzori rade na principu: polarizacije kombinaciju hemijskih i električnih metoda pri čemu dolazi do promjene impedancije ovisno o hemijskom sastavu.
Optoelektronski senzori dovode do pojave struja u poluprovodnicima koja izaziva spontanu ili stimuliranu emisiju svjetlosti (svjetleća ili laserska dioda).
Isto tako javlja se pojava da količina svjetlosti mijenjaju gustoću nosača naboja u poluprovodniku (fotootpor), otpor p-n prolaza (fotodioda) ili otpor zapornog sloja metal – poluprovodnik (fotoelement).
Svi pomenuti procesi su prisutni kroz izlaze struje i napona, kao ulaz u računar.

2.1.3.Klasifikacija po pirodi izlazne veličine

Mehanički senzori kao izlazni signal promjene sile ili pomaka, u funkciji vremena i čiji su izlazni signali vremenski ili frekventni i električni što su u principu se izlazni signali mjerene veličine i oni se odražavaju kroz promjenu R otpora, L induktiviteta, C kapaciteta što ćini parametare izlaza, pa se zovu i parametarski.
Ukoliko se na izlazu generira električni signal, to su generatorski ortogonalni senzori.

2.1.4.Klasifikacija prema veličini

Prema veličini senzori mogu biti: normalni-standardna izvedba, specificirani-za primjenu u ograničenom prostoru, minijaturni-za specijalne namjere.

1.2.5.Klasifikacija prema uslovima

Stacionarni-koji su fiksirani na jednom mjestu i prenosivi-koji se mogu lagano prenositi na razna mjesta.

2.1.6.Klasifikacija prema načinu upotrebe

Operativni-koji služe za izravno davanje informacija i pomoćni-za dobivanje pomoćnih informacija, koje u sklopu s drugim očitanjima; drugih pomočnih senzora, daju cijelu informaciju.

2.1.7.Klasifikacija prema unutrašnjoj strukturi

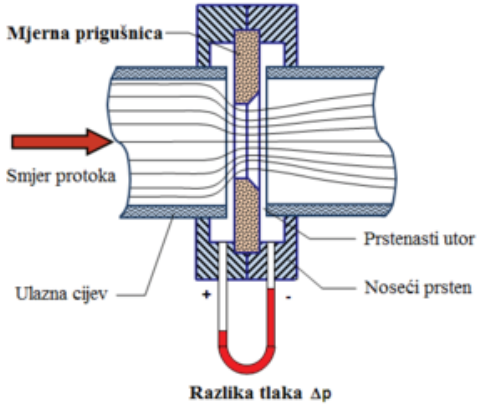
Direktni-kojima se vrši od ulaza do izlaza direktan prijenos (lanac pretvorbe) i naknadni-s negativnom povratnom informacijom na veličini izlaza. U vlikoj meri ovaj pristup u računaru nosi pečat inteligencije.

3.FIZIKALNI PRINCIPI RADA SENZORA

3.1 Vrste senzora

3.1.1 Magnetno električni senzori

U magnetostrikcijskim pretvaračima, odnosno hidrauličkim senzorima, strujni impuls se generiše unutar bakrene cijevi za mjerenje položaja, pri čemu se stvara kružno magnetsko polje, koje se širi u snopu, unutar valovoda.

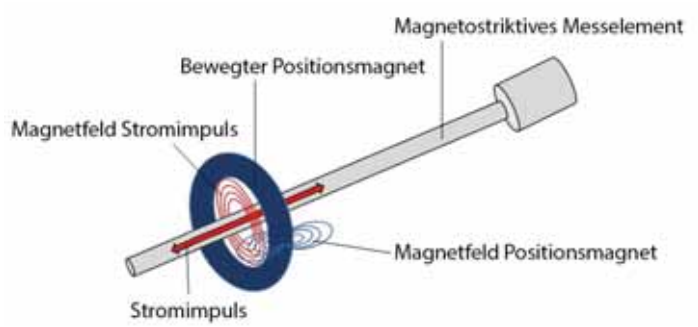


Sl.4. Magntno električni senzor

Trajni magnet magnetostriktivnog pretvarača formira mjerni detektor čija je linija magnetnog fluksa pod uglom od 90° u odnosu na liniju električnog fluksa strujnog impulsa. Zbog heterodina linija fluksa magnetostrikcijom se stvara fleksibilna distorzija unutar valovoda. Distorzija se širi na obje strane unutar valovoda. Brzina širenja iznosi 2850 m/s. Ovaj mehanički impuls se pretvara u električni signal na kraju talasovoda. Kontroler izračunava vrijeme rada od izvora do kondicionera signala. Ovo vrijeme rada je proporcionalno udaljenosti između uređivača signala i trajnog magneta. Ovaj princip omogućava beskontaktno, nehabajuće i apsolutno mjerenje.

Magnetostriktivni pretvarači (sl.5) pouzdano rade sa hidrauličnim cilindrima, alatnim mašinama, mašinama za ceđenje, mašinama za obradu drveta, valjaonicama, mašinama za

pakovanje, portalima za montažu i linijama za sečenje. Ovdje je očit primjer zamjene mozga radnika!



Sl.5.Princip mjerenja magnetostriktivnog pretvarača

Za pretvaranje neelektrične mjerne veličine u električnu koristi se princip elektromagnetne indukcije. Ovi senzori rade na samouzbudnom principu. Magnetno električni senzori se dijele na: elektrodinamičke ili senzore s relativnim premještanjem provodnika i elektromagnetne ili senzore s promjenjivim magnetnim otporom.

3.1.2 Piezoelektrični senzori

Za rad piezoelektričnih senzora iskorišten je princip piezoelektričnog efekta. Piezoelektrični efekat otkrili su braća Kiri. Oni su primijetili da izvjesni dielektrični materijal monokristalne strukture, kada se mehanički napreže, dovodi do preraspodjele naelektrisanjašto dovodi do razlike električnih potencijala. Ako se na materijal koji ima ove osobine djeluje silom F kristalna rešetka će se deformirati. Uslijed deformacije rešetke javit će se piezoelektricitet, čiji napon se mjeri na elektrodama postavljenim na površine kristala.
Količina elektriciteta pa time i napon zavisi od sile kojom se rešetka deformira.
Najpoznatiji prirodni piezomaterijal je kvarc. Piezoelektrični senzori se koriste za mjerenje mehaničkih vibracija i zovu se piezoelektrični akcelerometri. Utjecaj sile na površinu se odražava kao električni signal prema izvršnom organu.

3.1.3. Fotoelektrični senzori

Osnova rada ovih senzora zasniva se na promjeni parametara optičkog signala sa promjenom mjerene fizikalne veličine, tj. prvenstveno se bazira na fizičkoj pojavi fotoelektričnog efekta. Fotoelektrični efekt može biti unutrašnji i vanjski. Prisustvo svjetlosti elektromagnetnog signala se odražava električnim impulsom.

3.1.4 Termoelektrični senzori

Mjerenje temperature zasniva se na termoelektričnom efektu. Princip je sljedeći: spoje se dvije žice, napravljene od različitih materijala koji su elektroprovodnici. Jedan čvor npr. čvor (2) se grije na temperaturu T2, a drugi je na temperaturi T1. Kada su krajevi provodnika na različitim temperaturama T2>T1 između njih nastaje toplinski tok od toplijeg prema hladnijem kraju.

Prijenos topline je, prema tumačenju kvantne teorije, usko povezan s kretanjem slobodnih elektrona.
Njihova koncetracija i pripadni potencijal neravnomjerno su raspoređeni duž provodnika pa se kao rzultat javlja električna struja u funkciji temperaturne razlike. Istovremeno se javlja i struja zbog temperaturnog gradijenta. Kako nije zatvoreno nikakvo vanjsko električno kolo, ukupna struja kroz provodnik je nula. Napon koji nastaje kao rezultat temperaturne razlike T_2-T_1 između krajeva promatranog provodnika naziva se termoelektrični napon.
Termopar ili termoelement je najčešće upotrebljavani temperaturni senzor.
Termopar se sastoji od dvije žice od različitih metala ili legura, spojene na jednom kraju. Princip rada termopara se zasniva na termoelektričnom efektu. Dakle, promjene geometrije električnih osobina sistema će se odraziti kroz električni impuls.

3.1.5 Induktivni senzori

Ova grupa elektromagnetnih senzora radi na principu promjene magnetnog otpora. Najčešće se koriste senzori kod kojih se promjena magnetnog otpora ostvaruje promjenom veličine zračnog zazora ili promjenom magnetne permeabilnosti, tj. propustljivosti željeznog jezgra. Prednost korištenja induktivnog senzora ogleda se u njegovoj neosjetljivosti na vodu, ulje, prljavštinu, nemetalne dijelove, boju predmeta ili hrapavost površine predmeta koji treba da detektira, kao i u otpornosti na udarce i vibracije. Induktivitet kao fizikalna veličina nosi pečat geometrije i fizičkih svojstava materijala. Promjena se ispoljava kao eletrični impuls u obliku: ima nema, kao kod binarnog sistema brojeva.

3.1.6. Kapacitivni senzori

Dva metalna tijela između kojih se nalazi dielektrični (izolacijski) materijal grade kondenzator odgovarajućeg kapaciteta. Vrste kapacitivnih senzora su: senzori s promjenjivom udaljenosti tijela koji čine kondenzator, diferencijalni pretvarač, pretvarač s rotirajućom elektrodom, pretvarač s kutnim preklapanjem, pretvarač dielektričnom promjenom.

Kapacitet električnog kondenzatora je u funkciji geometrije (razdaljine i površine) i dielektričnih svpjstava materijala, a što nosi kao out put električni signal i iskorišteno za upravljanje u vještačkoj inteligenciji

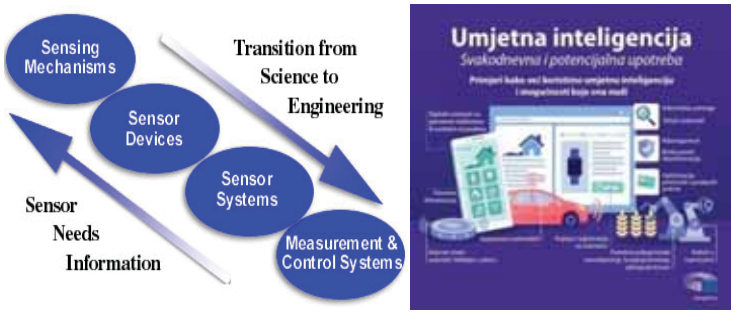
3.1.7 Senzori otpora

U grupu otpornih mjernih pretvarača spadaju mjerne trake koje se koriste za mjerenje deformacija. Mjerne trake su jedne od najčešće korištenih mjernih pretvarača. Mjerna traka je kao otporni pretvarač jeftina, neznatne je krutosti i male dužine. Može se koristiti za mjerenja statički i dinamički opterećenih konstrukcija. Mjerna traka se sastoji od žice savijene nekoliko puta, a zatim zalijepljene posebnim ljepilom na njen noseći element koji može biti napravljen od papira, sintetičke mase, metalne folije i slično. Savijena žica se preko nosećeg elementa lijepi na konstrukciju koja je izložena djelovanju opterećenja uslijed čega se deformira. Dio mjerne trake na koji je postavljena mjerna mrežica zove se noseći element. Materijal nosećeg elementa mora biti takav da prenosi deformacije s konstrukcije na traku.
Žica mjerne trake može biti različito uvijena i postavljena na noseći element. Mjerne trake mogu biti izrađene u obliku rozete. Rozete se koriste za mjerenje lokalnih dilatacija u više pravaca. Mjerne trake se još koriste i kao pretvarači za mjerenje sile, pritiska, okretnog momenta, ubrzanja i slično. Veličina mjerne trake nije određena i zavisi od namjene. Najčešće su u upotrebi mjerne trake dužine 0,5-50 mm i širine 1-15 mm, a električni otpor se kreće od 50 do 1000 ohma. Oblik mjerne trake zavisi od funkcije koju traka treba imati. Utjecaj

temperature na mjernu traku se ogleda u promjeni otpora žice mjerne trake i razlici deformacija materijala mjerne trake i materijala konstrukcije na koju je mjerna traka zalijepljena.
Ovdje je izkorištena ovisnost električnog otpora od geometije i temperature za određeni materijal.
Zahtjevi koje mjerna traka mora ispuniti: promjena električnog otpora po jedinici dužine mora biti relativno velika i veliki koeficijent osjetljivosti, veliki specifični otpor kako bi se relativno malom dužinom žice dobio pretvarač velike otpornosti, duljina žice u odnosu na poprečni presjek treba biti što veća kako bi sila po jedinici površine poprečnog presjeka bila što manja. Ovaj zahtjev se može ispuniti i sa žicom čiji promjer ne prelazi 0,025 mm, temperaturni koeficijent žice treba biti što manji, kako bi se što lakše izbjegli utjecaji promjene okolne temperature na otpornost pretvarača, pa se problem rješava korištenjem kompenzatorske trake, izvodi mjerne trake trebaju se lako lemiti s bakrom. Ovdje je izlazni signal terermoelektromotorna sila. Mjerna traka treba biti jednako osjetljiva pri mjerenju naprezanja u oba smjera, imati što manje zaostajanje.

4. OČITAVANJE REZULTATA MJERENJA

Očitavanje rezultata može biti digitalno ili analogno. Digitalni senzori proizvode digitalni izlaz (0 ili 1) koji može lako komunicirati izravno s računalom. Međutim, analogni senzori daju analogan izlaz koji se prvo mora digitalizirati. Analogna rješenja se očitavaju na raznim skalama, pomoću kazaljki itd.



Sl.6.Principijelni prikaz tehnologije fizikalnih senzora.

5. ZAKJUČAK

Informacione tehnologije su sa saznanjima o prirodnim zakonitostima i mjerenjem fizikalnih veličina te u tim zakonitostima omogučile zamjenu inteligencije čovjeka sa inteligncijom mašine.
Spoj saznanja o snzorima i njihovim mogučnostima, dale su osnov matematskoj obradi u binarnom sistemu, što je opet dalo mogućnost računaru da inteligentno upravlja robotom...
Kad se govori o umjetnoj opštoj inteligenciji (AGI), misli se na vrstu umjetne inteligencije koja je otprilike jednako sposobna kao i čovjek pri čemu treba pratiti senzorski sisstem čovjeka

.

6.LITERATURA

1. M. Kretschmar and S. Welsby (2005), Capacitive and Inductive Displacement Sensors, in Sensor Technology Handbook, J. Wilson editor, Newnes: Burlington, MA.
*2. C. A. Grimes, E. C. Dickey, and M. V. Pishko (2006), Encyclopedia of Sensors (10-*M. Kretschmar and S. Welsby (2005),
Volume Set), American Scientific Publishers. ISBN 1-58883-056-X
3.Blaauw, F.J., Schenk, H.M., Jeronimus, B.F., van der Krieke, L., de Jonge, P., Aiello, M., Emerencia, A.C. (2016). Let's get Physiqual – An intuitive and generic method to combine sensor technology with ecological momentary assessments*. Journal of Biomedical Informatics, vol. 63, page 141-149.4*
4. *Bennett, S. (1993). A History of Control Engineering 1930–1955. London: Peter Peregrinus Ltd. on behalf of the Institution of Electrical Engineers.* ISBN 978-0-86341-280-6
5.The source states "controls" rather than "sensors", so its applicability is assumed. Many units are derived from the basic measurements to which it refers, such as a liquid's level measured by a differential pressure sensor.
6.Jihong Yan (2015). Machinery Prognostics and Prognosis Oriented Maintenance Management*. Wiley & Sons Singapore Pte. Ltd. p. 107.* ISBN 9781118638729*.*
*7.*Capacitive and Inductive Displacement Sensors, in Sensor Technology Handbook, J. Wilson editor, Newnes: Burlington,
*8.*C. A. Grimes, E. C. Dickey, and M. V. Pishko (2006), Encyclopedia of Sensors (10-Volume Set), American Scientific Publishers. ISBN 1-58883-056-X
*9*Blaauw, F.J., Schenk, H.M., Jeronimus, B.F., van der Krieke, L., de Jonge, P., Aiello, M., Emerencia, A.C. (2016). Let's get Physiqual – An intuitive and generic method to combine sensor technology with ecological momentary assessments. Journal of Biomedical Informatics, vol. 63, page 141-149.
9.M. Kretschmar and S. Welsby (2005), Capacitive and Inductive Displacement Sensors, in Sensor Technology Handbook, J. Wilson editor, Newnes: Burlington, MA.

Rahman Nurković[1]

Originalni naučni rad
UDK 004.946:631.115.7(497.6)

DIGITALNA TRANSFORMACIJA POLJOPRIVREDE U RURALNIM PODRUČJIMA BOSNE I HERCEGOVINE

Sažetak
Metodološki pristup prilagođen je svrsi rada, odnosno savremenom razvoju digitalne transformacije poljoprivredne proizvodnje i kreativnih industrija u ruralnim područjima Bosne i Hercegovine. Digitalne tehnologije značajno utiču na transformaciju poljoprivredne proizvodnje u ruralnim područjima i način rada stanovništva. Ruralni razvoj podrazumijeva skup politika, mjera i aktivnosti, čiji je cilj sveobuhvatni ekonomski, socijalni i kulturni napredak stanovništva ruralnih područja, koje se planiraju i sprovode uz uvažavanje principa održivog razvoja, očuvanja kvaliteta životne sredine. Uzimajući u obzir značaj digitalne tehnologije za konkurentnost poljoprivrednu proizvodnju, pa i ekonomija u cjelini, to je jedan od prioriteta Bosne i Hercegovine. Cilj ovog rada jeste doprinijeti kreiranju novih metoda u transformaciji poljoprivredne i ruralnih područja kroz digitalizaciju u Bosni i Hercegovini. Digitalizacija u poljoprivrednoj proizvodnji značajno će doprinijeti poboljšanju usluga stanovništvu u ruralna područja. Ruralna područja širom svijeta sve više postaje predmetom naučnih istraživanja, ali i odredištem mnogih negativnih procesa. Pod uticajem industrijalizacije i urbanizacije koja se razvijala u Bosni i Hercegovini, ruralna područja su dugo bila opterećena odseljavanjem ruralnih stanovnika u urbane sredine. Mnogobrojni su razlozi za to. Jedan od najintenzivnijih je, nedostatak radnih mjesta za mlade ljude, ali i nedostatak odgovarajućih srednjih škola te nerazvijena zdravstvena i druga zaštita.

Ključne riječi: digitalna transformacija, poljoprivreda, ruralni razvoj, Bosna i Hercegovina

1. UVOD

Digitalne tehnologije se često vide kao prilika da se omogući održiva budućnost u poljoprivredi u ruralnim područjima Bosne i Hercegovine. Digitalna transformacija u poljoprivredi je prioritet politike Evropske unije 2019. *(www.iiasa.ac.at/Research/ERD).* Evropska komisija je kao jedan od svojih ciljeva postavila „povezivanje farmera i sela u digitalnu ekonomiju" kako bi se ostvarila, modernija i održiva budućnost hrane i savremene poljoprivrede. Slijedio je Zeleni Dogovor u kojem se digitalne tehnologije smatraju „vodećim faktorom za postizanje ciljeva održivosti poljoprivrede u ruralnim područjima.*(Bowler, I.R. ed., 1992)* U toku je savremena „digitalna revolucija" u poljoprivrednoj proizvodnji u svijetu. Napredne tehnologije poput senzora, umjetne inteligencije i robotike sve se više promoviraju kao sredstva za povećanje efikasnosti proizvodnje hrane uz minimiziranje upotrebe resursa. U tom procesu digitalizacija poljoprivrede postavlja kritična društvena pitanja o implikacijama za različite poljoprivredne radnike i ruralne prostore kako se digitalizacija razvija. U ovom radu koristimo literaturu, iskustva sa konferencija COST akcija u Briselu i terenskka istraživanja kako bismo predstavili neke ključne trendove koji se uočavaju u savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji, tehnologije i rada u razvijenim zemljama. *(Nurković, R., 2013)* Koristeći podatke, izdvajamo tri uočena ključna faktora: rastući troškovi zemljišta i automatizacija; razvoj razdvojenog

[1] Univerzitet u Sarajevu, Prirodno-matematički fakultet, Odsjek Geografija, Zmaja od Bosne 33-35, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina, rahmannurkovic58@gmail.com

tržišta rada sa visokom/nisko kvalifikovanom radnom snagom i pitanja oko kontrole digitalnih podataka. Ruralno područje širom svijeta sve više postaje predmetom naučnih istraživanja, ali i odredištem mnogih negativnih procesa. Pod uticajem industrijalizacije i urbanizacije, ruralna područja su dugo bila opterećena odseljavanjem ruralnih stanovnika u urbane sredine u Bosni i Hercegovini. Mnogobrojni su razlozi za to. Jedan od najintenzivnijih je, nedostatak radnih mjesta za mlade ljude, ali i nedostatak odgovarajućih srednjih škola te nerazvijena zdravstvena i druga zaštita. Bez obzira na to, početkom XXI stoljeća, vidan je napredak u poboljšanju ukupne slike ruralnih područja u Bosni i Hercegovini.*(Nurković, R., 2006*)

Istražujući ove teze, tvrdimo da politika i istraživanje moraju dalje ispitati kako promijeniti putanju digitalizacije na načine koji podržavaju proizvodnju hrane, kao i marginalizirane poljoprivredne radnike, istovremeno ukazujući na ključna područja za buduća istraživanja što nedostaje do danas u Bosni i Hercegovini. Ističemo tri ključne teze u radu: rastući troškovi zemljišta i automatizacija; razvoj tržišta rada sa visokom/nisko kvalifikovanom strukturom; i pitanja oko kontrole digitalnih podataka. *(Dammers, E. i Keiner, M.,2006)* Neophodno je više empirijskih istraživanja o ovom pitanju. Mi zauzvrat ističemo područja, za što bi posebno imalo koristi od dodatnih istraživanja. Glavni cilj ovog rada, i šire - treba otvoriti diskusiju za budući rad u okviru trenutno nedovoljno istražene teme.

2. METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Ovaj rad proizlazi iz početne interdisciplinarne međunarodne konferencije na e-COST akcijama u Evropskoj uniji koja okuplja stručnjake različitih oblasti da identifikuju i razgovaraju o ključnim oblastima novih istraživačkih pristupa u ruralnim i poljoprivrednim područjima.*(Nurković, R.2000)* Učesnici radionica su bili pozvani na osnovu njihove istraživačke ekspertize.Težili smo interdisciplinarnosti jer je ključno razumjeti ova složena pitanja kroz različite teorijske i analitičke perspektive.*(Faucher, D.(1949)* Koristili smo automatizaciju i tehnologije koje štede radnu snagu kao glavne komponente digitalne poljoprivrede za organizaciju analize, fokusirajući se na preciznu tehnologiju, robotiku, senzore, softverske sisteme za podatke, dronove i mobilne telefone, za razliku od komunikacijskih i transparentnih tehnologija. *(Ilbery, B. (199)*

Prvi korak analize utjecaja tehnoloških inovacija na ruralni razvoj i poljoprivredu obuhvaća pregled literature. (*Woods, M. 2009*) Tijekom analize literature određene su i daljnje metode koje su potrebne za multiplikativnu i dubinsku obradu navedene teme. Sljedeća metoda koja je uslijedila je bila statistička analiza gospodarskih i demografskih podataka o ruralnim područjima, ali isto tako i statistička analiza obilježja i trendova poljoprivrede i poljoprivrednih proizvođača u Bosni i Hercegovini i na razini Europske unije. Ulazni podaci su preuzeti od Državne agencije za statistiku, Bosne i Hercegovine, u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju i Eurostata, te po potrebi obrađeni i grafički prikazani od strane autora. *(Nurković, R. (2003*)

Za istraživanje u ovom radu odabrali smo indikatore kroz statističku analizu izvještaja za ekonomsku saradnju i razvoj u Bosni i Hercegovini. Podaci su obrađeni korištenjem stopa rasta poljoprivredne proizvodnje tokom godina. Indikatori koji su bili u skladu sa datim kriterijumima su odabrani od onih koji su verifikovani za usklađenost, a zatim navedeni indikatori koji karakterišu nivo razvoja digitalnog sektora poljoprivredne proizvodnje. Da bi se analizirao nivo digitalizacije poljoprivrede u Bosni i Hercegovini, potrebno je umrežavanje i spremnos farmera. *(Lukić, A. (2010)* GIS alati u poljoprivredi mogu identificirati nivo poljoprivrednih kultura ili u bilo kojem njegovom području. Poljoprivredni strojevi mogu

koristiti ove informacije za prilagođavanje količine sjemena, hranjivih tvari, herbicida i gnojiva za svaku parcelu. Uz njihovo vodstvo, može se identificirati produktivna i neproduktivna područja i gnojiti neproduktivnim otopinama na kalij-fosfor.

2. DGITALIZACIJA U RURALNIM PODRUČJIMA

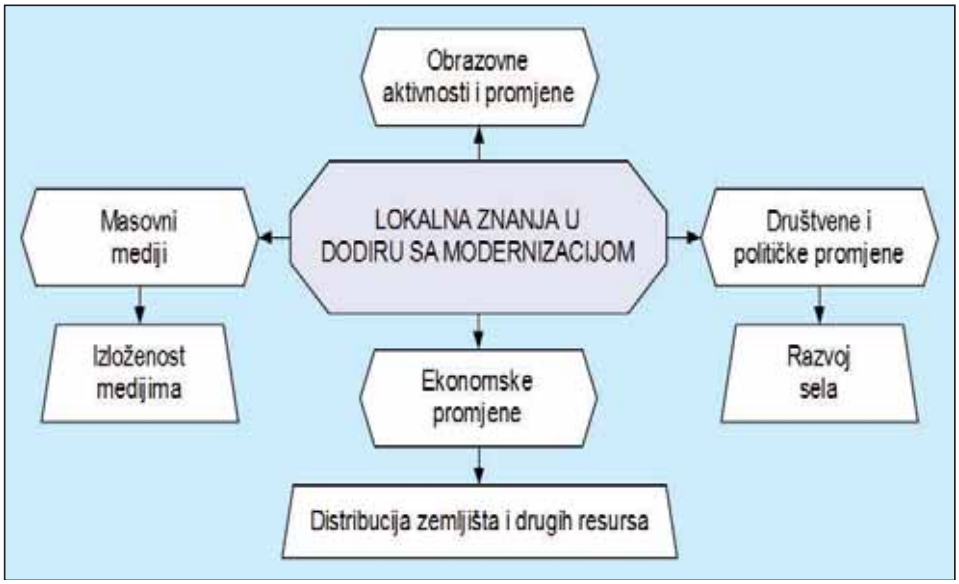
Digitalizacija društva općenito je u radovima mnogih autora često opisivana kroz programe infrastrukturnog razvoja, poput elektrifikacije, izgradnje cesta ili restauracije ruralnih kuća. Takvi projekti su ostavili značajan trag na ruralni pejzaž, ali je njihov veći značaj u mogućnostima koje su oni stvorili za ruralno stanovništvo da sudjeluju u novom potrošačkom društvu i da kupuju tehnološke inovacije koje će promijeniti njihove živote. Lista tehnoloških inovacija koje su promijenile aspekte ruralnog društva i ekonomskog načina života je široka, ali tri primjera mogu poslužiti ovdje za ilustraciju.*(H.; Huo, P.; Wang, S.2020)*

Prvo, uzeti u obzir sistem hlađenja. Razvoj rashladne tehnologije, kako za komercijalno skladištenje tako i za kućnu upotrebu, imao je revolucionarni uticaj na odnos prema hrani u razvijenom svijetu. Hrana se sada može prevoziti na velike udaljenosti od mjesta proizvodnje do mjesta potrošnje i više nije potrebno njeno konzumiranje tokom sezone. Ovi razvoji su zauzvrat omogućili uključenje poljoprivrede u globalnu trgovinu, podstakli specijalizaciju poljoprivrednika i ojačali moć prehrambenih i maloprodajnih kompanija protiv tih poljoprivrednika. Komercijalna vozila sa farme, kao što su traktori i kombajni, promijenila su sam način poljoprivredne proizvodnje i smanjila potražnju za radnom snagom na farmi. Razvoj telekomunikacijske tehnologije ublažio je neke probleme udaljenosti i perifernosti, koje su doživjela mnoga ruralna područja. S jedne strane, to je značilo da za nove industrije poput biotehnologije i telematike, ruralna mjesta nisu više ugrožena, dopuštajući, kao što je *Howard Newby* naveo, "ruralnim područjima da se takmiče na ravnopravnoj osnovi sa gradovima u pogledu zapošljavanja", po prvi put od industrijske revolucije.*(Nurković, R. (2010)*

S druge, pak strane, ljudi iz ruralnih područja su novi potrošači preko televizije, radija i Interneta, istih onih kulturnih dobara i iskustava kao i urbani stanovnici, što dovodi do propadanja atraktivnosti lokaliziranih ruralnih tradicija, događaja i kulturnih običaja, čak i uprkos nastojanjima da se ove aktivnosti revitaliziraju. Digitalizacija je u ruralnom društvu smanjila zaposlenost u onim zanimanjima koja uključuju direktan kontakt s prirodnim resursima (zemljište, šume), uvođenjem tehnologija u uzgoj koje su dizajnirane u svrhu intervencije između radnika i prirode ili da manipuliraju ili odolijevaju prirodi, zatim razvijanjem tehnologije za prevladavanje ranjivosti ruralnih društava uslijed prirodnih fenomena, kao što su težak teren ili loši vremenski uvjeti, kao i smanjenjem kulturne povezanosti ruralnih ljudi sa prirodom kroz, npr., festivale koji se slave u čast godišnjih doba.

Savremena poljoprivreda i upravljanje hranom, udaljavaju potrošače hrane od mjesta procesa proizvodnje, i priroda je postala ograničena u selu u prirodnim rezervatima i nacionalnim parkovima. Danas se digitalizacija dokazala iznimno moćnom, ali i neizvjesnom silom. Ima veliki uticaj na okolinu i socijalnu strukturu društva. *.(H.; Huo, P.; Wang, S.2020)* Oobjašnjava da je modernizacija pojam koji se odnosi na proces promjene kroz koji se tradicionalnim društvima omogućava da se u svakom pogledu prilagode zahtjevima savremenog svijeta. Modernizacija se ogleda i u približavanju proizvodnje hrane potrošačima kroz organizovanje seoskih sajmova, na kojima je moguće vidjeti, osim gotovih proizvoda, i sam način na koji se došlo do tih proizvoda. (Slika 1)

Slika 2: Koncept modernizacije u ruralnim područjima,2023.godine



Izvor: Centre for Promoting Ideas, USA, 2009.

Evropska komisija je 2007. godine izvijestila da 70% ruralnog stanovništva ima pristup internetskim uslugama. Nivo povezanosti na internetsku mrežu, koja se ustanovljuje mjerenjem broja instaliranih internetskih linija na svakih 100 stanovnika, znatno je niža, i iznosila je 21,7% za EU-27 sredinom 2008. godine. To je značajan porast u odnosu na početak 2008. godine, kada je iznosila 16,2%. Ti podaci govore da, usprkos dobroj ponudi, u ruralnim područjima EU puni potencijal postojeće ponude internetskih usluga ostaje neiskorišten. Ruralna politika u svijetu je tokom niza stoljeća bila veoma promjenjiva i složena. Do početka XXI stoljeća, bilo je vrlo malo povezanosti politike razvoja i svakog od navedenih područja. Upravo to ukazuje na snagu interesnih grupa na selu i na način na koji su kreatori politike sagledavali karakter i potrebe ruralnog društva i ekonomija. *(Woods, M. i McDonagh, J. (2011)*

2.1. Digitalna primjena GIS u ruralnim područjima

Digitalna transformacija ne zaobilazi niti poljoprivrednu proizvodnju Bosni i Hercegovini. Savremena poljoprivreda (poznata i kao Farming 4.0) primjenjuje IT i data science za optimizaciju složenih poljoprivrednih sistema čime podržava poljoprivrednike u donošenju odluka koje se temelje na konkretnim podacima. Ruralni razvoj je proces koji ima za cilj poboljšanje životnog standarda ljudi koji žive u ruralnim područjima. (*Lukić, A. (2010)* Geografski informacioni sistem se pokazao efikasnim u ruranim područjima i poljoprivrednom sektoru na različite načine. Alati koje predstavlja sistem omogućili su korisnicima da kreiraju upitnike koji su interaktivne prirode, analiziraju trodimenzionalne informacije, uređuju podatke u mapama i prezentuju nalaze operacija. GIS poljoprivrednicima predstavlja prednost jer im pomaže u postizanju najboljeg u pogledu proizvodnje i smanjenju dodatnih troškova, koji su mogli nastati u poslovanju, što rezultira boljim upravljanjem. *(Sun, Z.; Hu, J. Theory of "Meta-Governance":2016)*

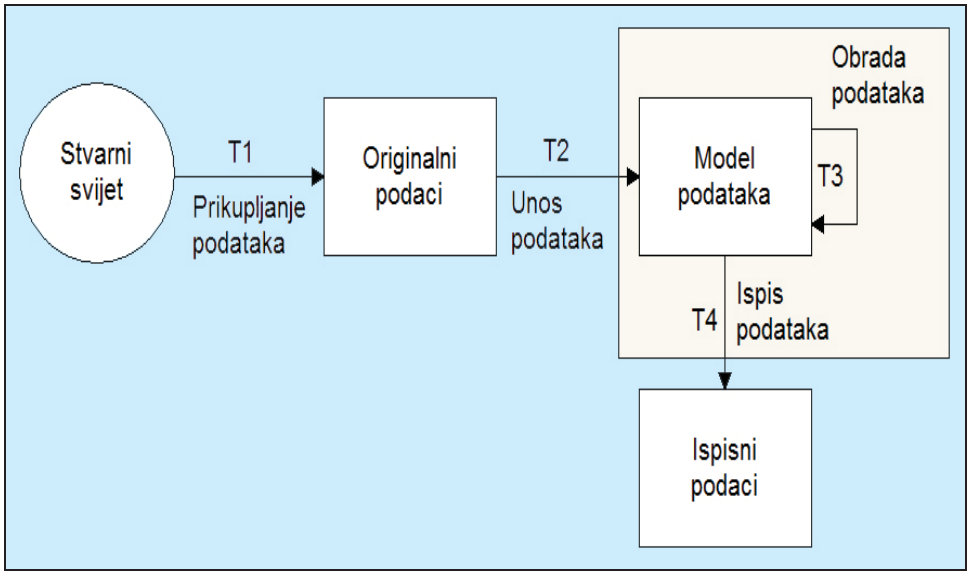
U skladu sa pridruživanju Evropskoj uniji, Bosna i Hercegovina ima obavezu da osigura harmonizaciju podkomponetnog poljoprivednog informacijskog sistema i omogući automatizirano dostavljanje podataka na jedno mjesto. Iskustva razvijenih poljoprivreda u EU pokazuju da digitalizacija nudi puno mogućnosti za rast konkurentnosti i održivosti poljoprivrednog razvoja. Iskustva iz Bosne i Hercegovine su da se investicija u digitalnu transformaciju pojedine obiteljske farme mora razumno prilagoditi svakoj pojedinoj farmi. Inače je rizik povećanja troškove proizvodnje neprihvatljiv. Da bi poljoprivrednik mogao efikasno implementirati i koristiti digitalne tehnologije neophodna nam je intenzivna podrška stručnih službi kao na primjer savjetodavne i veterinarske službe. *(Gill, S.S.; Chana, I.; Buyya, R.2017)* U Bosni i Hercegovini je ova aktivnost već započeta, a podkomponente poljoprivrednog informacijskog sistema koje su u fazi uspostave i razvoja u Bosni i Hercegovini.uključuju:

- Registar poljoprivrednih gazdinstava i registar klijenata,
- Sistem identifikacije i registracije životinja,
- Fito-registar,
- Popis poljoprivrede,
- Mrežu računovodstvenih podataka na farmi (FADN),
- GIS okvir za područje istraživanja na bazi uzorka.

GIS je integrisani sistem koji ima višestruku ulogu u poljoprivrednoj poizvodnji, ali i izvan nje:
1.predstavlja skup digitalnih i interaktivnih karata;
2. kompjuterski alat za rješavanje poljoprivrednih problema;
3. prostorni sistem koji podržava proces odlučivanja;
4. sistem za distribuciju geografskih informacija;

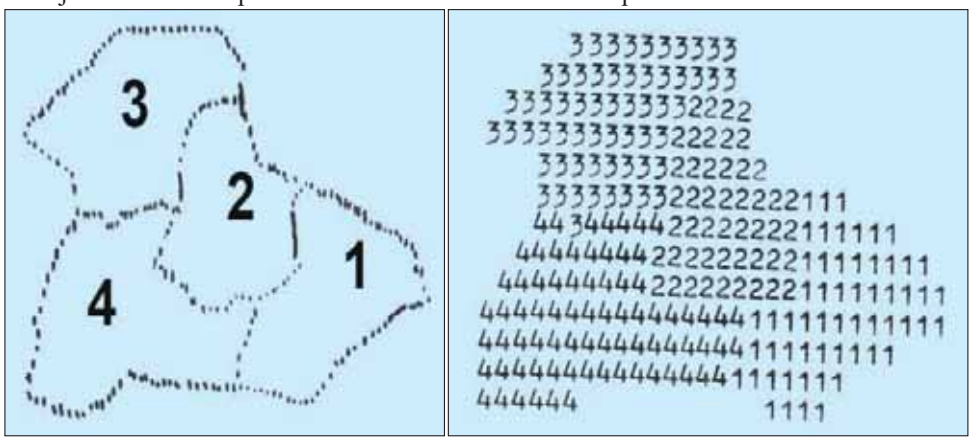
Svi podaci se zapisuju u jednom od prihvatljivih GIS formata koji omogudava razmjenu ili unos u različite softverske platforme Slika 2 i 3.

Slika: 2. Primjena GIS operacije u ruralnim područjima, 2023.godine



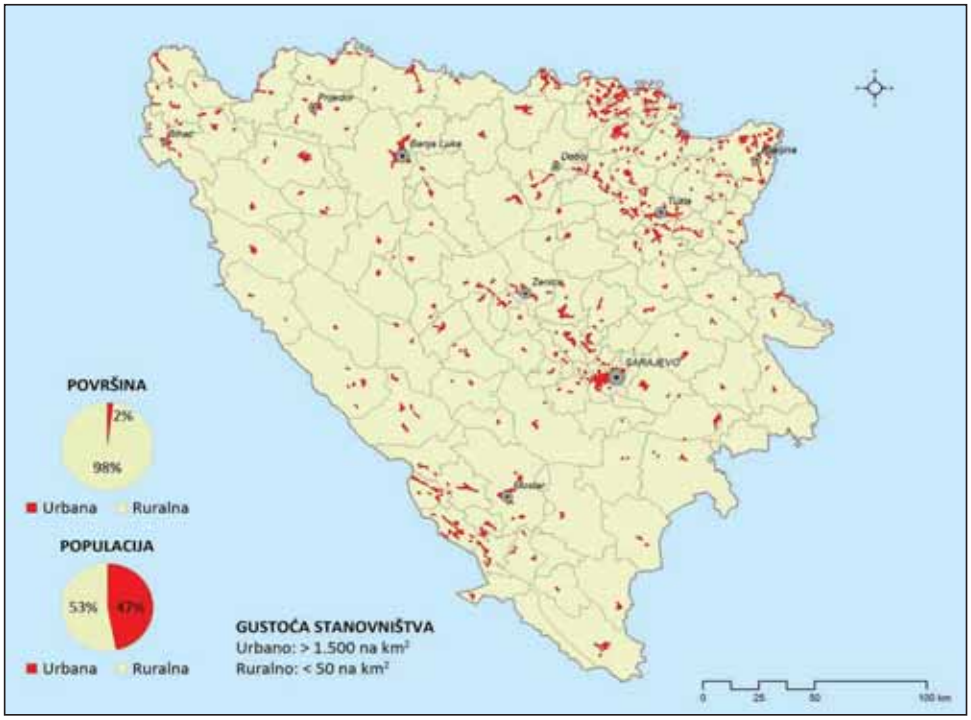
Slika 3.Uzorak vektorske karte u ruralnim područjima

Primjer vektorske mapa | Jednostrana mapa



Na Karti 1: , vidljivo je kojim površinama ruralnih područja raspolaže Bosna i Hercegovina. Očigledno je da je Bosna i Hercegovina u osnovi ruralna država sa vrlo malim brojem centralnih naselja u kojima su skoncentrisane privredne djelatnosti, poput industrije i tercijarnih djelatnosti.

Karta 1. Lokalni nivo OECD tipologije u Bosni i Hercegovini, 2011.godine



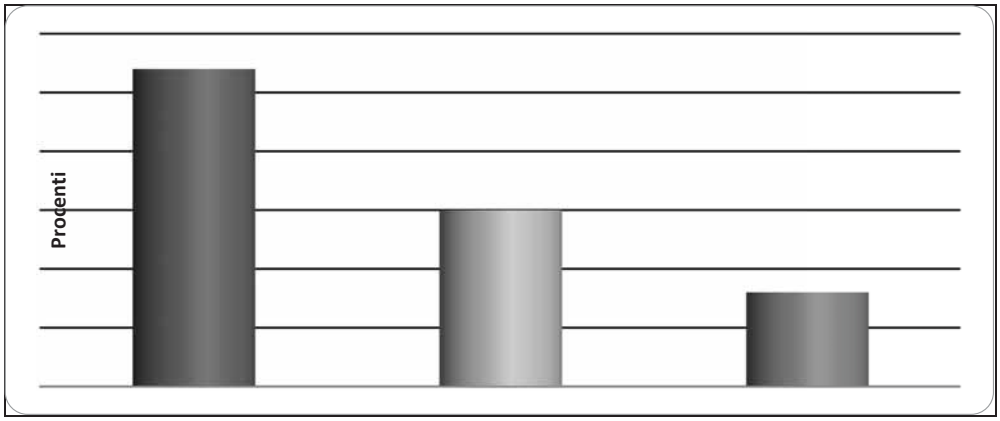
Izvor: Statistički godišnjak Bosne i Hercegovine, 1991. i Agencija za statistiku, Bosne i Hercegovine, 2010

3. POLJOPRIVREDA I RURALNI RAZVOJ BOSNE I HERCEGOVINI

Poljoprivredna proizvodnja je tradicionalno i dalje dominantna aktivnost u ruralnim područjima Bosne i Hercegovine. Veliki broj stanovnika povratnika je uspio izgraditi vlastite farme s ciljem proizvodnje i prodaje proizvoda, ne Internet nikakvu drugu ekonomski prihvatljivu mogućnost. Mnogi od ovih ljudi su bivši zaposlenici industrijskog i tercijarnog sektora, te su se vratili na farme koje su vlasništvo njihovih porodica. Njihove sposobnosti su ograničene, kao i iskustvo u obrađivanju zemlje. Na farmama je obično nekoliko životinja i veliki broj sitnih sadnica, od kojih je većina konzumirana i razmjenjuje se lokalno uz dobijanje jako malih prihoda. Početkom XXI stoljeća, prema *Agenciji za statistiku Bosne i Hercegovine,* Bosna i Hercegovina je imala 2.450.000 hektara poljoprivrednog zemljišta što je bilo 48% od ukupne površine, od čega je na obradivo zemljište otpadalo milion hektara, na voćnjake 36.000 hektara, na vinograde 4.000 hektara, dok su ostatak od 470.000 hektara činile livade i pašnjaci sa 935.000 hektara. To znači da poljoprivredno zemljište predstavlja deficitaran resurs s kojim treba postupati veoma oprezno kako bi se stvorilo što više dodane vrijednosti (dostupno per capita 0,26 ha obradivog zemljišta, odnosno 0,51 ha poljoprivrednog zemljišta). Uprkos tome, više od 40% poljoprivrednog zemljišta i dalje je neiskorišteno. (Grafikon 4-3)

Krajem 2010. godine, ruralna područja Bosne i Hercegovine su imala oko 350.000 malih farmi i poljoprivrednih domaćinstava sa oko 2,5 ha zemlje. Samo 15% od ukupnog broja ovih farmi, može se smatrati komercijalnim, odnosno imaju više od 5 ha zemlje u posjedu. Među ovim farmerima prisutna je posebna priroda siromaštva. Načini života se razlikuju od domaćinstva do domaćinstva. Većina ih i dalje ovisi o pozajmicama, penzijama, donacijama iz dijaspore, poslu u urbanim sredinama, javnim sektorima ili malim biznisima. Manje farme su vrlo značajna oblast u životima njenih vlasnika jer im obezbjeđuju hranu i stvaraju mogućnosti posebno za žene, mlade i starije stanovnike pri zapošljavanju. (Grafikon 1)

Grafikon 4-3: Struktura farmi u Bosni i Hercegovini prema površini u ha, 2010.godine



Izvor: Agencija za statistiku Bosne i Hercegovine, 2010.

Kao što se može vidjeti na Grafikonu 1, više od polovine domaćinstava u 2010. godini imalo je površinu manju od 2 hektara. Stanje početkom XXI stoljeća je znatno nepovoljnije s obzirom na Zakon o naslijeđivanju zemljišta, koji predviđa da svako dijete nasljeđuje jednak komad zemlje i da ima pravo njime raspolagati prema svojim potrebama.Veoma je važno naglasiti krajnje nepovoljnu strukturu poljoprivrednih gazdinstava u smislu njihove veličine. Prosječna veličina gazdinstva iznosi 3,1 ha, a gazdinstva su u prosjeku podijeljena na 7 do 9 parcela, što

predstavlja osnovni element koji koči bržu modernizaciju ovog sektora. Pored toga, ne postoje ni politike koje bi stanovništvo motivirale na iskorištavanje zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju.(prema *Agenciji za statistiku Bosne i Hercegovine)* Nepostojanje ažuriranih zemljišnih knjiga i katastra, onemogućavaju utvrđivanje stvarnih vlasnika ili korisnika zemljišta kako bi se potaknuli na iskorištavanje poljoprivrednog zemljišta.

Zaključak

Digitalizacija je sredstvo, a ne cilj. Sa sve većom institucionalizacijom održivosti u kreiranju politika o poljoprivrednom razvoju, digitalizacija se također, sve više orijentiše na to kako bi služila održivim poljoprivrednim i ruralnim tranzicijama u Bosni i Hercegovini i EU. EU predstavlja pionira u polju digitalizovane poljoprivredne tranzicije, dok Bosna i Hercegovina koristi prednost kasnog dolaska. "Četvrta poljoprivredna revolucija" je na putu. Digitalizirana poljoprivredna tranzicija također predstavlja tipičan slučaj za ruralnu ekonomiju. Višestruki ciljevi, različiti sudionici, sukobi interesa, neizvjesnosti i rizici doprinose digitalnoj politici.

Danas se digitalizacija dokazala iznimno moćnom, ali i neizvjesnom silom. Ima veliki uticaj na okolinu i socijalnu strukturu društva. Digitalizacija se ogleda i u približavanju proizvodnje hrane potrošačima kroz organizovanje seoskih sajmova, na kojima je moguće vidjeti, osim gotovih proizvoda, i sam način na koji se došlo do tih proizvoda. Imajući to u vidu, mora se naglasiti da se uloge drugih nevladinih aktera moraju razlikovati u različitim fazama protoka informacija. Analitički okvir predložen u ovm istraživanju prepoznaje problemsku prirodu digitalizacije i naglašava važnost poljoprivrede u ruralnim područjima. Buduća istraživanja moraju ići dalje kako bi se istražile različite vrste mehanizama, te poluga i uslovi za njihovu efikasnost.

Izvori i literatura

Agenciji za statistiku Bosne i Hercegovine, 2010.
www.iiasa.ac.at/Research/ERD.
Bowler, I.R. ed. (1992): The Geography of Agriculture in Developed market Economies, Harlow, Enland.
Dammers, E. i Keiner, M. (2006): Rural Development in Europe.
Nurković, R. (2000): Vpliv industrije na razvoj Tuzlanske kotline, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Ljubljana
Nurković, R. (2003): Regionalna razvojna problematika u Bosni i Hercegovini na primjeru razvoja industrije u Tuzlanskoj kotlini, Zbornik radova, Međunarodna konferencija: Ured za razvoj i saradnju ambasade Švajcarske nacionalni naučni fond, Sarajevo.
Nurković, R., (2006): Economic Geography of the World, University of Tuzla, university textbook, Planjax, Tešanj
Nurković, R. (2010): Socio-economic transformation of rural areas of Bosni and Herzegovina, IGU, Tel Aviv.
Nurković, R.,(2012): Urban Geography of the World, University of Sarajevo, university textbook, Planjax, Tešanj
Nurković, R., (2013): Rural Geography of the World, University of Sarajevo, university textbook, Planjax, Tešan
Faucher, D.(1949): Géographie rurale. Types de cultures, Paris.
Ilbery, B. (1998): The Geography of Rural Change, Pearson Education Limited, London.
IRF Buletin Special Edition: Rural transport Volume -1:11, 2007.

Woods, M. (2009): Rural geography, SAGE Publications Ltd 1 Olivers Yard 55 City Road London EC1Y 1 SP.
Woods, M. i McDonagh, J. (2011): Rural Europe nad the world: Globalization and rural development (Editorial)
Lukić, A. (2010): O teorijskim pristupima ruralnom prostoru, Hrvatski glasnik 72/2, 49-75, Zagreb.
Yin, H.; Huo, P.; Wang, S. (2020): Agricultural and Rural Digital Transformation: Realistic Representation. Impact Mechan. Promot. Strateg.Ref. 2020, 12, 48–56.
Gill, S.S.; Chana, I.; Buyya, R.(2017): IoT Based Agriculture as a Cloud and Big Data Service: The Beginning of Digi Gill, S.S.; Chana, I.; Buyya, R. IoT Based Agriculture as a Cloud and Big Data Service: The Beginning of Digital India. J. Organ.
Sun, Z.; Hu, J. Theory of "Meta-Governance"2016): Connotation, ools and Evaluation. J. SJTU Philos. Soc. Sci. 2016, 24, 45–50.

Prof. dr Lazo Roljić

Originalni naučni rad
UDK 658.5.012.3:004.891

EKSPERTNI SISTEM MINCP KAO PODRŠKA VOĐENJU NACIONALNE EKONOMSKE POLITIKE

Sažetak

Postoje u ekonomiji neke fundamentalne nepoznanice i neizvjesnosti. Ne možemo predvidjeti ekonomske događaja sa veoma visokom naučnom preciznošću. Takođe, poznato je da ne postoji jedinstveni opšti model koji može dati sve odgovore na širok spektar makroekonomskih pitanja. Radi toga koristimo nekoliko različitih vrsta modela za segmente makroekonomskog problema. Različiti modeli mogu riješiti analizu vremenskih serija i druge podfaktore uključene u rješavanje makroekonomskog problema. Glavni problem postaje pronalaženje smislene metode za povezivanje matematičkih i statističkih metoda i ekonomskih modela. Pitanje bi moglo da glasi: "Postoji li sredstvo koje se koristi za povezivanje ovih metoda i ekonomskih modela?" Odgovor koji bi bio univerzalan je da je to moguće ostvariti hibridizacijom različitih matematičkih i statističkih metoda, ekonomskih modela i tehnika poslovne inteligencije koje se koriste za izradu programa vještačke inteligencije. U ovom radu metode i makroekonomski model povezani su izgradnjom jednog ekspertnog sistema za simulacije modela nacionalne ekonomije. Optimizacija ekonomske politike definisana je kao problem nelinearnog ciljnog programiranja. Da bi smo riješili taj model optimizacije razvijena je nova metodologija, MINCP, kao dio ekspertnog sistema ES_MINCP. Metodologija MINCP je metodološki zasnovana na linearnom ciljnom programiranju i metodi dopustivih smjerova za slučaj linearizacije nelinearnih funkcija problema optimizacije. Ekspertni sistem je na taj način sastavljen iz ekonometrijskog modela nacionalne privrede, metodologije rješavanja problema optimizacije modela nelinearnog ciljnog programiranja, baze istorijskih podataka makroekonomskih agregata analizirane privrede, softverskog interfejsa za interaktivnu komunikaciju između sistema i donosioca odluka i programa za simulacije dosadašnjeg i projektovanja budućeg privrednog razvoja. Sve to uklopljeno je u softverski sistem za rad pomoću računara. Da bi bilo moguće izgraditi ekspertni sistem koji bi omogućio provjeru aplikabilnosti i efikasnosti u praksi odlučivanja kod kreiranja ekonomske politike, konstruisana je originalna struktura ekonometrijskog modela konkretne nacionalne privrede. Taj model je nakon statističkog testiranja definisan kao optimizacioni model i to kao problem višekriterijalnog programiranja. Nakon analize rezultata dobivenih tim modelom privrede u prethodnom kratkoročnom periodu, uz pomoć modela interaktivnog nelinearnog ciljnog programiranja projektovana je varijanta ekonomske politike kojom se dovode u optimalan sklad proizvodnja, potrošnja i inflacija. Takav sklad predstavlja jedan model stabilizacije koja se može provesti mjerama i instrumentima ekonomske politike.

Ključne riječi: modelsko odlučivanje, ekonomski modeli, vještačka inteligencija, ekspertni sistemi, ciljno programiranje

Summary

There are some fundamental unknowns and uncertainties in the economy. We cannot predict economic events with very high scientific accuracy. Also, it is known that there is no single general model that can provide all the answers to a wide range of macroeconomic issues. To do this, we use several different types of models for segments of the macroeconomic problem. Different models can solve the time series analysis and other sub-factors involved in solving the macroeconomic problem. The main problem becomes finding a meaningful method for connecting mathematical and statistical methods and economic models. The question might be: "Is there a tool used to connect these methods and economic models?" The answer that would be universal is that it is possible to achieve this by hybridizing different mathematical and statistical methods, economic models and business intelligence techniques that are used to create artificial intelligence programs. In this paper, the methods and the macroeconomic model are connected by building an expert system for simulations of the national economy model. Economic policy optimization is defined as a non-linear goal programming problem. In order to solve this optimization model, a new methodology, MINCP, was developed as part of the ES_MINCP expert system. The MINCP methodology is methodologically based on linear goal programming and the method of feasible directions for the case of linearization of nonlinear functions of the optimization problem. In this way, the expert system is composed of an econometric model of the national economy, a methodology for solving the optimization problem of the nonlinear goal programming model, a database of historical data of macroeconomic aggregates of the analyzed economy, a software interface for interactive communication between the system and decision makers, and a program for simulating the past and projecting future economic development. All this is integrated into a software system for working with a computer. In order to be able to build an expert system that would enable verification of applicability and efficiency in the practice of decision-making in the creation of economic policy, the original structure of the econometric model of the concrete national economy was constructed. After statistical testing, that model was defined as an optimization model and as a multi-criteria programming problem. After analyzing the results obtained by that model of the economy in the previous short-term period, with the help of the model of interactive non-linear goal programming, a variant of the economic policy was designed, which brings production, consumption and inflation into optimal harmony. Such harmony represents a model of stabilization that can be implemented through economic policy measures and instruments.

Keywords: decision-making modeling, economic models, artificial intelligence, expert systems, goal programming

Uvod

Vlade i njene regionalne razvojne agencije kreiraju svoje odluke o politici ekonomskog razvoja i razvojne planove na osnovu proizvoljnog stava i ograničenog izvora informacija. Kao takve, ove odluke obično nisu najbolje moguće, a posljedice su često fatalne, ali uglavnom nepredvidive, jer proizlaze iz parcijalnog sagledavanja menadžmenta. One se obično odnose samo na jedan segment privrede bez mogućnosti da se problem odlučivanja sagleda u cjelini, objektivno i sveobuhvatno, i donese konzistentna odluka. Štaviše, proces donošenja ispravne odluke u raznovrsnosti alternativnih opcija traje dugo i samim tim je neefikasan. Na primjer, odluka menadžmenta da poveća stopu poreza na promet za jedan indeksni poen, ili porez na kapital, tako da se kamatna stopa za investicione kredite smanji za tri indeksna poena (kako bi povećanje ulaganja u narednom periodu bilo isto ili veće nego u prethodnom periodu), masa gotovine u opticaju se povećava za 1% godišnje, zaposlenost povećava za 2%, a uz sve to očekuje i rast BDP-a za 6% godišnje. Takva upravljačka odluka može biti nekonzistentna i neizvediva jer je po svojoj konstelaciji (unutrašnjim odnosima) pojedina privreda ne može podnijeti. Dakle, ova hipotetička odluka ex-ante je neodrživa jer se ne može ostvariti, pa je stoga unaprijed neefikasna i može izazvati određene negativne posljedice po konkretnu privredu. Pri izradi ekspertnog sistema ES_MINCP korišten je modelski pristup odlučivanju, a posebno koncept višekriterijanog odlučivanja. Centralni dio ekspertnog sistema je model interaktivnog nelinearnog ciljnog programiranja – model MINCP i dva programska podsistema za interaktivan rad metodologije odlučivanja, koji su sastavni dijelovi sistema. Interaktivni rad modela MINCP izvodi se u obliku upita kroz softverske podsisteme POST i PRIOR. Ekspertni sistem omogućuje nosiocu odlučivanja da se u interaktivnoj komunikaciji odredi, na primjer i u situaciji u kojoj pitanje, zavisno od posmatrane privrede, na primjer, bude: "šta biste odabrali: kombinaciju stope nezaposlenosti od 3% i godišnje stope inflacije od 5% − ili − kombinaciju stope nezaposlenosti od 10% i stope inflacije od 1%? Ekspertni sistem, zatim, na osnovu kompletnog sistema parcijalnih odgovora će konstruisati funkciju preferencije donosioca odluka, izradiće rješenje problema odlučivanja uz takve preferencije i ponudiće ga na prihvatanje ili omogućiti da donosilac odluka, u narednoj interaktivnoj sesiji, izmijeni svoje preferencije, i tako postupa sve dok se ne dođe do rješenja kojim će donosilac odluka biti zadovoljan sa ponuđenim rješenjem.

Ekspertni sistem MINCP

Vještačku inteligenciju općenito shvatamo i najšire definišemo kao disciplinu računarskih nauka koja se bavi ponašanjem računara koje se, kada ga izvršava ljudsko biće, naziva inteligentnim. Nastala je 1956. godine na jednoj poznatoj računarskoj konferenciji. Nakon toga, šezdesetih godina prošlog vijeka (1964), kada su proizvedeni prvi digitalni računari opšte namjene (IBM 360/25), a autor ovog rada (L.R.) upravo na takvom računaru, prvom instalisanom na Balkanu, započeo i svoju karijeru programera i operatera, 1971. godine, ekspertni sistemi su postali poznati kao uspješna primjena metode vještačke inteligencije i kao važan alat za realizaciju inteligentnih sistema, a kasnije i sistema poslovne inteligencije.

Ekspertni sistem se može opisati kao inteligentni računarski program koji koristi znanje i mehanizme zaključivanja u rješavanju problema takve složenosti da je za njihovo rješavanje potreban čovjek - ekspert. Pod ekspertnim sistemom zato podrazumijevamo uspostavljanje, unutar računara, dijela vještine nekog eksperta koja se bazira na znanju i u takvom obliku da sistem može da ponudi inteligentan savjet ili da preuzme inteligentnu odluku o funkciji koja je u postupku. On posjeduje i karakteristiku da, na zahtjev, verifikuje svoju liniju rezonovanja, tako da direktno obavještava korisnika koji postavlja pitanje. Ekspertni sistemi, uz mašinsko učenje, inteligentne interfejse i inteligentne agente, spadaju u grupu inteligentnih sistema podrške donošenju složenih odluka. Ono što je i naše iskustvo pokazalo, oni se mogu efikasno

koristiti za rješavanje problema u specijalizovanim oblastima kao što je izbor optimalne kratkoročne ekonomske politike.
Osnovna i najvažnija komponenta našeg ekspertnog sistema (ES_MINCP) je kratkoročni model makroekonomske regresije posmatrane nacionalne privrede. Problem donošenja odluke u ES_MINCP-u definisan je kao optimalni interaktivni model nelinearnog ciljnog programiranja i kao takav može da se rješava specijalno razvijenom hibridnom numeričkom metodom matematičkog programiranja ugrađenom u ES. Ostali dijelovi ES-a su: baza podataka o stanju i kretanju makroekonomskih agregata privrede u dužem prethodnom periodu i statistička su osnova, te matematičke i statističke metode (ciljno programiranje, regresiona analiza, metoda najmanjih kvadrata, gradijentna metoda dopustivih smjerova) i specijalni algoritmi za traženje optimalnih ili kompromisnih rješenja. Uz njih tu su još softverski interfejsi sa instalisanom logikom za komunikaciju tokom unosa podataka i za komunikaciju sa donosiocem odluka tokom rješavanja problema. Softverski sistem se sastoji od alata za prikupljanje statističkih podataka i njihovo pohranjivanja u bazu podataka i alata za regresionu analizu i za konstruisanje osnovnog makroekonometrijskog modela posmatrane privredu (za procjenu parametara regresije). Cijeli ES_MINCP je programiran i finaliziran u obliku profesionalnog softverskog paketa, koji softverskim interfejsima na „user friendly“ način i bez potrebe za posebnom obukom, omogućuje i neiskusnim donosiocima odluka da ga koriste.

Modeliranje i modelski način odlučivanja

Modeliranje kao aktivnost susreće se u svim periodima razvoja ljudskog društva i čovjek je oduvijek koristio modele da iskaže svoje misli i osjećaje. Prvi pisani primjer modelskog odlučivanja sreće se još 1772. godine (prije 251 godine) kada se poznati američki državnik, fizičar i pisac Bendžamin Frenklin (Benjamin Franklin) svom prijatelju, engleskom hemičaru i filozofu prirode (ranije uobičajen termin za proučavanje fizike), Đozefu Prisliju (Joseph Priestley), obraća pismom u kome govori da mu ne može kazati kako da se odluči, nego mu samo može objasniti kako on donosi odluke kada se nalazi u situaciji odlučivanja, zavisno od toga da li je suma vrijednosti argumenata bila pozitivna ili negativna. Kod ocjene respektivnih vrijednosti argumenata “ZA” i “PROTIV” i nalaženja “dužine na kojoj leži ravnoteža” Frenklin je, u stvari, dodavao pozitivne vrijednosti argumentima “ZA”, a negativne vrijednosti argumentima “PROTIV”. Tada je odlučivao za ili protiv, zavisno od toga da li je suma tih vrijednosti bila pozitivna ili negativna. Taj pristup odlučivanja danas je poznat kao normativni linearni model. Govoreći o modeliranju i američki naučnik Salah E. Elmaghraby (1966), kaže da je sva nauka bazirana na modeliranju i da progres nauke je progres modeliranja prirodnih fenomena i ideja. U oblasti metodološke podrške odlučivanju od tada desili su se krupni pomaci. Razvijene su brojne naučne oblasti, metodologije naučnog odlučivanja uz podršku računara, sve do najsavremenijih metoda operacionih istraživanja, čiji aktuelni predstavnik su metode ciljnog programiranja (linearnog, nelinearnog, cjelobrojnog), pa do programa, alata i interfejsa vještačke inteligencije, čiji najistaknutiji predstavnici su ekspertni sistemi i inteligentni interfejsi.
Modeliranje najlakše možemo opisati kao proces definisanja uticajnih faktora na realni sistem. Osnovni cilj modeliranja sastoji se u tome da se podaci o ponašanju nekog sistema dobiju ne proučavanjem realnog sistema, nego se ponašanje sistema proučava tako da se izradi model tog sistema, pa se zatim, eksperimentisanjem na takvom modelu dolazi do saznanja o ponašanju posmatranog sistema.

Koncept višekriterijalnog odlučivanja

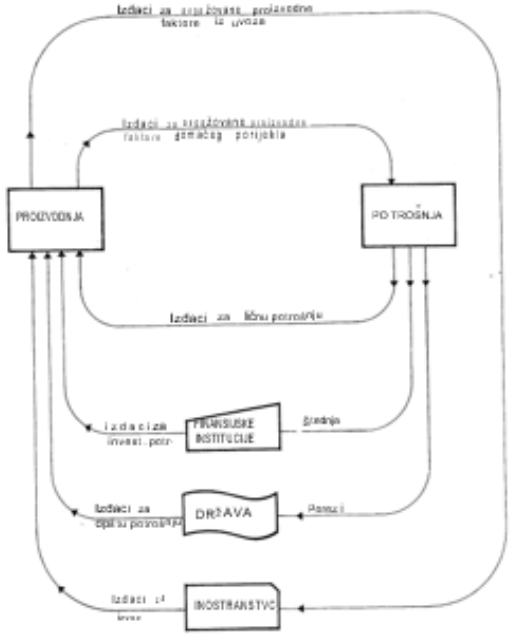
Pri konstruisanju ekonometrijskog modela jedan od ključnih pojmova koji je u ovom radu djelimično obrađen je problem odlučivanja i to višekriterijalnog, koji se javlja u svakoj ljudskoj

djelatnosti, pa tako i u tzv. tržišnom privređivanju. Jer, kad god smo suočeni sa nekim problemom, kada moramo da izaberemo jedno od više ponuđenih rješenja od kojih svako može imati različite posljedice, mi se praktično nalazimo u situaciji odlučivanja. To jest, problem treba razriješiti donošenjem odluke, odnosno izabrati jednu od alternativa. Svakako da izbor odluke postaje lakši ako se raspolaže sa većom količinom informacija o svakoj postojećoj alternativi. Način prikupljanja i obrade informacija o problemu, uslovi i okruženje u kojima se odlučuje i način rješavanja problema opredjeljuju da li će se odluka donijeti voluntaristički – na osnovu intuicije, iskustva i ocjena (*ad-hoc*), ili će se o problemu odlučivati na racionalan način, što je obilježje naučnog odlučivanja.
Metoda ciljnog programiranja (eng. *Goal Programming*) smatra se najstarijom metodom višekriterijanog programiranja. Bila je veoma popularna u aplikativnom smislu, ali je predugo čekala da sa teorijske osnove (1961. godine) pređe u sferu praktične primjene (1972). To je matematička metoda kojom se rješavaju problemi višekriterijalne optimizacije, kod koje su ograničenja u obliku linearnih ili nelinearnih funkcija, a funkcija kriterija je u obliku minimizacije ili maksimizacije tzv. devijacionih varijabli, odnosno varijabli prebačaja ili podbačaja u odabranim ciljnim funkcijama ograničenja. Kao takva bila je idealan izbor za primjenu i ugradnju u naš model interaktivnog nelinearnog ciljnog programiranja.
Za razliku od mnogih drugih metoda matematičkog programiranja, ciljno programiranje je u stanju da prevaziđe mnoga ograničenja prisutna u rješavanju problema sa jednim i više kriterijuma. Funkcija kriterija u ciljnom programiranju je minimiziranje pozitivnih i/ili negativnih odstupanja od skupa ciljeva koje je odredio donosilac odluke. Zbog činjenice da se koriste preventivni prioritet i numeričke diferencijalne težine, a priori je teškoća izbjegava se procjena jednog cilja. Osim toga, za donošenje odluka sa višestrukim kriterijumima potrebna je aproksimacija težina za dobijanje funkcija cilja. Međutim, zadatak rangiranja nekih prioritetnih ciljeva u ciljnom programiranju je mnogo lakši za donosioce odluka od dodjeljivanja pondera, jer se približava stvarnom procesu donošenja odluka. Umjesto određivanja optimalnog rješenja, kao što je to u linearnom matematičkom programiranju, rješenja zasnovana na ciljnom programiranju zadovoljavaju hijerarhije prioriteta koji su dodijeljeni ciljevima. Međutim, iako su metode ciljnog programiranja do sada našle široku primjenu u praksi rješavanja problema višekriterijalnog odlučivanja, a autor ovog rada ima višegodišnje iskustvo u njihovom korišćenju, identifikovani su i neki njihovi krupni nedostaci. Oni se odnose na bezuslovnost pretpostavke da je svaki onaj koji donosi odluke racionalna osoba, koji ima sposobnost da precizno specifikuje i sistematizuje ulazne veličine kvantitativnog modela, kao i da apriorno dodjeljuje prioriteta i proizvoljno određuje težinske koeficijente u prioritiziranoj funkciji kriterija problema ciljnog programiranja, čime se ignoriše suština ljudske prirode. Ovu objektivnu slabost prirode donosilaca odluka u problemima višekriterijalnog odlučivanja riješili smo konceptom interaktivnog modela odlučivanja odgovarajućom algoritamskom logikom i programiranjem dva softverskih podsistema koji su postali sastavni dio softvera našeg ekspertnog sistema.

Ekonometrijski model

Ono što pokušavamo da izmjerimo i način na koji mjerimo ekonomiju snažno je pod uticajem konceptualnog okvira koji smo razvili za analizu privrede. Odgovarajuća količina detalja uključenih u makroekonomski model zavisi od toga koja pitanja se rješavaju. Metoda korištena za konstruisanje ekonometrijskih podataka takođe se odražava u strukturi modela. Istraživanja su pokazala da su ekonometrijski modeli u stanju da analiziraju sadašnje ponašanje i da izvrše simulacije budućnosti. Oni su u stanju da koriste znanje o sadašnjosti kako bi napravili "osnovne projekcije", tj. osnovne ili "standardne" prognoze koje pretpostavljaju nastavak sadašnjih trendova. Istovremeno, postoji mogućnost uticaja na ekonomsko okruženje

makroekonomskim politikama. Poželjne politike mogu pogurati ekonomiju zemlje u orbitu većeg i održivijeg rasta.



(Izvor: Autor)

Slika 1. Kružni tok ekonomskih aktivnosti otvorene privrede

Ekonometrijski model sastoji se od skupa jednačina, od kojih je svaka matematički složena jer sadrži „stohastičke članove“. Ovi članovi rezultat su složenih odnosa u ekonomiji jedne zemlje. U jednostavnijim matematičkim modelima, odnosi između varijabli su isključivo funkcionalni dok su odnosi u ekonometrijskim modelima stohastički. Ekonometrijske tehnike pomažu da se djelimično nadoknadi izgubljena preciznost uzrokovana pojednostavljenjem ekonomske stvarnosti našeg modela. U ekonometrijskim modelima postoje dvije vrste jednačina: stohastičke, ili bihevioralne, i identiteti. Stohastičke jednačine se procjenjuju na osnovu istorijskih podataka. Identiteti su jednačine koje vrijede po definiciji i uvijek su istinite. Ekonometrijske tehnike pomažu da se djelimično nadoknadi izgubljena preciznost koja je prouzrokovana pojednostavljenjem ekonomske stvarnosti modelom.

Izrada ekonometrijskog modela je veoma kompleksan zadatak. Na izradi našeg ekonometrijskog modela utrošeno je najviše istraživačkog vremena, jer je on predstavljao polazište za izgradnju ostalih komponenata ekspertnog sistema, predstavljao je “bazu znanja”, koja je dobivena iz baze podataka poznavanjem i korištenjem ekspertskog znanja. Sve ostale izrađene modelske, programerske i logičke nadgradnje predstavljale su “sistem za zaključivanje”, obaveznu komponentu ekspertnog sistema.

Svaki ekonometrijski model sastoji se od: izjava o pitanju koje treba istražiti, specifikacije modela, pripreme baze podataka, procjene modela, validacije modela, i korištenje modela za politiku i druge oblike analize. Na slici 1. simbolično-grafički prikazane su konstituente posmatrane privrede i njihov kružni tok u sistemu otvorene tržišne privrede. Na njoj se mogu identifikovati ključni faktori koji utiču na konkretnu privredu. Ekonometrijski model mora ispitati i analizirati zasebne segmente tog sistema (distribucija resursa, investicije, izvoz-uvoz, novčanu masu, cijene itd.). Praktično, svaki segment definiše jedan parcijalni model. Nakon što su svi podmodeli izgrađeni, ekonometrijski model ih integriše na smislen način. Relevantni statistički istorijski podaci pružaju empirijsku kvantifikaciju utvrđenih i/ili pretpostavljenih veza. Odvojene ekonomske politike moraju se kvantifikovati i razdvojiti u smislene agregate (poreska stopa, monetarna politika, itd.). Empirijski procijenjeni odnosi u modelu pokazuju kako su u određenoj privredi, u određenom periodu, određeni makroekonomski parametri povezani sa instrumentima ekonomske politike. Ciljevi ekonomske politike mogu se aproksimirati kroz kvantitativni izraz ekonomskih parametara odabranih u ekonometrijskom modelu.

Osnovni izvor podataka za naš ekonometrijski model bili su statistički podaci nacionalnih računa. Ovi računi su niz statističkih podataka koji se općenito smatraju pokazateljima ekonomskog zdravlja i blagostanja nacije. Agregat računa nacionalnog dohotka je bruto nacionalni proizvod, zbir svih proizvodnih aktivnosti u zemlji.
U sistemskom smislu istraživanje konkretne privrede kao složenog ekonomskog sistema obuhvatilo je: logičku analizu kauzalnih veza između njegovih podsistema i elemenata, provjeru hipoteza o karakteru rasporeda odgovarajućih veličina i uslovima funkcionisanja sistema, dobivanje serija statističkih podataka potrebnih za formulisanje i praktično korištenje modela privrede, sastavljanje i razradu modela, njegovu potpunost polaznim podacima i eksperimentalnu provjeru, dobivanje traženih ocjena, njihovu svestranu analizu i iznalaženje načina poboljšanja kvaliteta funkcionisanja analizirane privrede. Tek nakon toga smo privredu mogli opisati skupom odnosa preko kojih smo definisali određena stanja, tj. "veličine sa kojima želimo da upravljamo".
Ove veličine odredili smo á priori, na osnovu ulaznih veličina koje su nam poznate iz prethodnog perioda (predeterminisane varijable), ili su sa određenom vjerovatnoćom pretpostavljene veličine.
Da bismo bili metodološki korektni i došli do određenih zaključaka o odnosima u privredi, morali smo izvršiti brojna vlastita empirijska provjeravanja. Jednačine ekonometrijskog modela procjenjene su uobičajenom metodom najmanjih kvadrata zajedno sa F-testom značajnosti procijenjenih koeficijenata i regresijskom validacijom.
Ekonometrijski model koji je razvijen može se opisati kao: proizvodni, nelinearni, agregatni, makroekonomski, dinamičke simultane jednačine, model malih dimenzija. Glavna jednačina u modelu je proizvodna funkcija, koja započinje i završava kružni tok ekonomskih aktivnosti otvorene privrede (Slika 1). Model se sastoji od sedam blokova: proizvodnja, lična potrošnja, investicije, cijena, lični dohodak, devizni i fiskalni prihodi. Sastoji se od 27 jednačina, od kojih je 21 stohastička, a 6 definirajuća. Centralna jednačina modela je Cobb-Douglas-ova proizvodna funkcija.
Nakon što je razvijen i testiran, ekonometrijski model je zatim, nužno, proširen i dopunjen odgovarajućim uslovima s pretpostavkama konzistentnosti optimizacionih modela i kao takav je riješen metodologijom MINCP, koja ujedno čini "mehanizam za zaključivanje" (eng. Inference Engine) našeg ekspertnog sistema, a koju smo i razvili i programirali specijalno za rješavanje ovakvih problema. Ovaj optimizacioni model omogućuje rješavanje formulacije politike razvoja i donošenja optimalnih odluka o nacionalnoj ekonomiji i kao takav može uspješno da zamijeni modele sa simultanim jednačinama.
Optimizacija ekonomske politike posmatrane privrede definisana je kao nelinearni problem ciljnog programiranja. Najveći prioriteti u rješavanju funkcije kriterija su rast bruto domaćeg proizvoda i smanjenje inflacije. Ex-ante simulacija i optimizacija ekonomske politike posmatrane privrede za tekuću fiskalnu godinu pokazala je da je u državi nedosljedna makroekonomska politika bila odlučna i dovela kako do sporijeg ekonomskog razvoja tako i do bržeg rasta inflacije.

Interakcija u modelu MINCP

MINCP je koncipiran tako da omogućuje dva osnovna načina rada: interaktivni, u kojem se komunikacija na relaciji računar (model) - korisnik odvija u vidu jednostavnih pitanja i odgovora, i neinteraktivni način rada, u kojem se svi potrebni podaci smještaju u datoteku ulaznih podataka, a svi rezultati u datoteku izlaznih podataka. Iako rad sa datotekama oslobađa korisnika potrebe da bude neprekidno prisutan uz računar, interaktivni način rada znatno olakšava korisniku da izvrši konzistentnu postavku problema, kao i da neposredno utiče na kasniji rad programa. Stoga se može reći da je interaktivnost i osnovno "oužje" ovog modela.

Interaktivni rad modela odvija se kroz dva podsistema-softverska modula: podsistem za izbor i određivanje strukture prioriteta (PRIOR) i podsistem za traženje poboljšanih rješenja (POST).

Podsistem za izbor i određivanje strukture prioriteta – PRIOR

Nakon unošenja osnovnih podataka o problemu koji se rješava (broj varijabli odlučivanja, broj ograničenja, tehnološki koeficijenti) slijedi unošenje podataka o strukturi prioriteta u funkciji kriterija.
Donosiocu odluke na raspolaganju su dvije mogućnosti: da sam odredi strukturu, ili da zahtijeva pomoć ovog podsistema.
Nakon što sistem korisniku ponudi listu mogućih ciljeva, nizom pitanja, kao što su:

- možete li, bar djelimično, rangirati ciljeve?
- možete li grupisati ciljeve?
- možete li odrediti najvažniju (najmanje važnu) grupu?
- želite li različite prioritete unutar ove grupe?

Na taj način, ovaj podsistem, praktično, vodi korisnika do formulacije funkcije kriterija.
Nakon toga, omogućeno je korisniku da svakom od prioriteta u funkciji kriterija dadne određeno logičko ime, koje mu, kasnije, omogućuje i lakšu interpretaciju izlaznih rezultata.
Konačno, za prioritete koji se sastoje od više ciljeva data je mogućnost dodjeljivanja različitih težina, takođe na principu pitanja i odgovora. Pri tome, na raspolaganju stoje dvije mogućnosti: determinističko (korisnik eksplicitno određuje težine) i stohastičko (težine se određuju slučajno).

Podsistem za traženje poboljšanih rješenja (POST)

U algoritmu nelinearnog ciljnog programiranja, na mjestu gdje se završava s radom, u zavisnosti od želje korisnika, uključuje se podsistem za traženje poboljšanih rješenja.
Osnova ovog podsistema je postoptimalna analiza dobijenog rješenja iz algoritma NLCP, slijedeći zahtjeve (odgovore) korisnika u toj fazi interaktivnog rada.
Rad podsistema odvija se u nekoliko koraka:

1. Analiza rezultata dobijenih iz algoritma NLCP, radi utvrđivanja nivoa zadovoljenja pojedinih prioriteta u funkciji kriterija,
2. Dijagnostifikovanje konflikata među prioritetima dodijeljenih pojedinim ciljevima ili grupama ciljeva, te uvtvrđivanje mogućih pravaca rješavanja ovih konflikata,
3. Spremanje u fajl prethodnog najboljeg rješenja,

Ovim se omogućuje da nalaženje poboljšanog rješenja iziskuje daleko manji broj iteracija u algoritmu NLCP polazeći u novo traženje od već dobivenog rješenja, nego polazeći od inicijalnog koraka algoritma NLCP sa identičnom promjenom u funkciji kriterija.
Ovaj podsistem se, takođe, može uključiti u rad i prilikom rada s datotekama, s tim da se korisnik unaprijed za to opredijeli i prihvati sve eventualne promjene nastale u toku traženja poboljšanih rezultata.

Zaključci

Usmjeravanje privrednog razvoja, danas, praktično, nije više moguće zamisliti bez ozbiljnijih zahvata u usavršavanju metodologije i prakse ekonomskog modeliranja. Naša iskustva su pokazala da su prednosti prmjene formalnih ekonomskih modela u odnosu na druge, parcijalne metode kvantitativne analize postale očigledne. Njima je moguće svestranije, objektivnije, cjelovitije i konzistentnije – dakle naučno, sagledati stanje i moguće pravce usmjeravanja razvoja privrede ili njenih subjekata. Pored toga, modeli su eksplicitni u iznošenju osnovnih

pretpostavki o funkcionisanju pojedinih privrednih subjekata a omogućuju i simulaciju različitih scenarija i situacija odlučivanja. Svojom fleksibilnošću posebno se ističu modeli višekriterijanog odlučivanja.

Cilj ovog rada bio je da se prikaže tok aktivnosti i rezultati na izradi i testiranju sposobnosti i moguće prednosti originalnog ekspertnog sistema zasnovanog na ekonometrijskom modelu u donošenju odluka o ekonomskoj politici. Kao osnova tog sistema nastao je jedan novi ekonometrijski model konkretne privrede koja je bila u fokusu analize upravljanja razvojem i odlučivanja u oblasti njene ekonomske politike. U tu svrhu kreirali smo, i opisali izgled, jednog potpuno novog modela za izbor optimalne politike privrednog razvoja baziranog na ciljnom programiranju, i nazvali ga "LA MUR", koji se od do sada primijenjenih razlikuje i po pristupu i po metodama rješavanja. Nakon što je razvijen i testiran, ovaj model je zatim, nužno proširen i dopunjen odgovarajućim uslovima s pretpostavkama konzistentnosti optimizacionih modela i kao takav je riješen metodologijom MINCP, koju smo i razvili specijalno za rješavanje ovakvih problema. Ovaj optimizacioni model omogućuje rješavanje problema formulacije politike razvoja i donošenje optimalnih odluka o nacionalnoj ekonomiji i kao takav može uspješno da zamijeni modele sa simultanim jednačinama.

Koristeći osnovnu poruku Ojlera (Euler) o homogenosti funkcije, bilo je moguće realizovati hibridni spoj gradijentne metode dopustivih smjerova i metode linearnog ciljnog programiranja, te tako dobiti efikasnu metodu nelinearnog ciljnog programiranja. Bogatstvo informacija koje pruža kriterijalna matrica simpleks metode, postoptimalnom analizom, omogućilo je dobivanje informacija za povratnu spregu donosilac odluke-model. Na taj način MINCP je postao hibridna metoda rješavanja problema nelinearnog ciljnog programiranja nastavljanjem traženja najpovoljnijeg rješenja za određenu strukturu funkcije kriterija.

Iako se metodologijom MINCP može rješavati široka klasa problema, a pokazao je svoju lakoću i fleksibilnost korišćenja u praksi, naša istraživanja ovim ne smatramo okončanim. Zapravo, ovim smo samo otvorili vidike za buduća istraživanja i moguća unapređenja, kao što su, sa metodološkog stanovišta, problemi generalizacije metodologije MINCP, kontrola tačnosti računanja algoritama hibridiziranih metodologija i izbora kriterija konvergencije, najpovoljnije maksimalne dužine koraka traženja u metodi dopustivih smjerova i drugo.

Pored toga, velika mogućnost budućih istraživanja na ove teme leži u daljoj hibridizaciji metologije MINCP u smislu njenog povezivanja i ekonometrijskih metoda ocjene parametara regresionih jednačina modela odlučivanja i uključivanja nekog od statističkih parametara u funkciju kriterija u optimizacionom modelu. Druga mogućnost hibridizacije MINCP-a pruža se u pogledu kombinovanja sa metodom višekriterijalnog rangiranja (npr. PROMETHEE, autora J. Bramsa) u svrhu objektivnog određivanja ranga prioriteta ciljeva u funkciji kriterija, ili stohastički pristup kod njihovog prestruktuiranja.

Uvjerili smo se da nema posebnih problema da se metodologija izgradnje ekonometrijskog modela i modela MINCP primijeni i na niže organizacione oblike političkog i privrednog organizovanja (regije, kompanije, preduzeća), ali se pri tome postavlja pitanje ustrojstva baze podataka odnosno pouzdanosti i dostupnosti odgovarajuće statističko dokumentacione osnove. Mnogi modeli odlučivanja sadrže druge oblike nelinearnih ograničenja, koji nisu oblika Cobb Douglas-a. Tako da model nelinearnog ciljnog programiranja ugrađen u MINCP nije opšti algoritam za rješavanje problema nelinearnog ciljnog programiranja. On se, međutim, lako može programski proširiti i prilagoditi i za rješavanje ostalih oblika nelinearnosti, pod uslovom da su te funkcije homogene, neprekidne i diferencijabilne.

Zahvaljujući modulima PRIOR i POST softvera ekspertnog sistema, modelom MINCP mogu se dobiti rješenja problema višekriterijalnog odlučivanja koja su bliska takozvanom "usaglašenom optimum", jer omogućuje da se iterativnim putem i nakon interakcione komunikacije modela sa donosiocem odluke, nastavlja traženje najboljeg rješenja, približno

onom optimalnom, matematički kazano, nedominiranog, zadovoljavajućeg, ili Pareto optimalnog rješenja.
Uvjerili smo se i praktično da se ekonometrijski modeli mogu veoma korisno poslužiti za ex-ante analizu niza razvojnih alternativa. Uz to, dobiva se i racionalna povezanost ključnih ekonomskih varijabli i instrumenata ekonomske politike, te ovakvi modeli služe i za sveobuhvatno sagledavanje funkcionisanja privrede.

Reference

Pfajfar L. i dr., “Upotreba ekonometrijskog modela u programiranju razvoja”, Ekonomska analiza, 2/81, str. 143-181.

Roljic, L., Hybrid Methodology of Nonlinear Goal Programming, JITA-Journal of Information Technology and Applications, Vol. 4, Issue 2, pp. 68-74, www.jita-au.com 2014;

Roljic L., “A hybridized methodology of nonlinear goal programming”, The 17th International Symposium on Mathematical Programming, Atlanta, Georgia - USA, 6-11 August 2000;

Roljic L., “ESNEMS - Expert system for the national economy model simulations”, DuPree College of Management, The Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia, January 7, 1999 (naučno predavanje-prezentacija);

Roljić L., Dujsić M., “Nonlinear goal programming model application in optimal economy development policy choosing”, Economic Analysis and Workers' Management, Vol. XXV, No. 2, pp. 155-170, 1991, Institut za ekonomiku Beograd;

Roljić L., Aplikacija interaktivnog ciljnog programiranja u preduzećima, Neobjavljena doktorska disertacija, Fakultet organizacionih nauka, Univerzitet u Beogradu, 1987.

Roljić L., Ciljno programiranje kao metoda za optimalno donošenje odluka u preduzećima, Ekonomski glasnik , Sarajevo, god. 24, br. 1-2, str. 35-48, 1984

Roljić L., Ekonomski model ciljnog programiranja, Neobjavljeni magistarski rad, Tehnološki fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1981.

Franjo Jović[1]

Originalni naučni rad
UDK 007.52:711.58

PROSTORNA INFORMACIJA U UMJETNOJ INTELIGENCIJI – MJERA, DOSEG I PROJEKTIRANJE

Sažetak

Naglasak rada je na nužnosti uzimanja u obzir prostorno relevantnih informacijskih elemenata pri uporabi umjetne inteligencije poput prostorom određene ciljne funkcije u aranžmanu prostorno-vremenskih okolnosti. Jedan od najvažnijih kvantitativnih elemenata u projektu situacije je izračun Carnapove prostorne entropije danog aranžmana. Ovaj postupak podržava jednoznačno određivanje entropije izradom linijskog holograma situacije. Praćenje dinamizma okolnosti omogućava se uvođenjem tehnologije ABC prostornog modela rizika. Širi kontekst primjene prostorne informacije u umjetnoj inteligenciji postiže se uporabom modela četiri koraka: aranžman okolnosti, apstrakciju situacije, ciljnu funkciju i izračun ostvarenja cilja. Prikazana su tri primjera primjene prostorne informacije: iz prometa, sporta i osiguranja pristupnog prostora, s naglaskom na bogatstvo njihovog konteksta.

Ključne riječi: ciljna funkcija, linijski hologram, prostorna entropija, aranžman okolnosti, ABC model rizika, model četiri koraka

SPATIAL INFORMATION IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE – MEASURE, OUTREACH, AND DESIGN

Abstract

The emphasys of the article is in necessity of taking into account spatial relevant information elements while using artificial intelligence tools: such as space defined goal function in a given space-time arrangements of circumstances. The calculation of Carnap space entropy of the arrangement is one of the most important quantitative design element. The procedure is supported with unequivocal determination of entropy by using line hologram of the situation. The introduction of ABC spatial risk model technology enables tracking the dynamism of circumstances. Broader context of application of spatial information in artificial intelligence is obtained by using a four step model: arrangement of circumstances, abstraction of the situation, goal function and calculation of the goal fulfillment. The examples of spatial information design in traffic security, sport and access protection are presented with the emphasys on their rich contexts.

Keywords: goal function, 1D-object hologram, space entropy, attangement of circumstances, ABC risk model, four steps design model

[1] Naslov i kontakt
Prof.dr.sc. Franjo Jović, 10000 Zagreb, Buconjićeva 18, Hrvatska
Ustanova: Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija 31000 Osijek, Hrvatska
e-mail: fjovic90@gmail.com
tel.: +385 91 2246 049 / +385 98 391 623

Uvod

Fundamentalne pojmove poput energije, informacije, inteligencije ili prostora treba uzeti racionalno, dakle u njihovom pragmatičkom vidu. Tada slijedimo i naše davne pretke, koji su i razvoj svoje komunikacije - jezik zasnovali na tom principu. Iako su načini mišljenja među civilizacijama različiti, razvoj semantike, pragmatike i teleonomije prirodnih jezika morao se primarno odvijati nad prostornim elementima [1]. Prostornost je osnova semantičnosti jezičnog izričaja u svim jezicima [2]. Ljudi su izričajne elemente komunikacije, riječi i rečenice, oblikovali prema prostornim odnosima njima relevantnog procesa u tijeku. Oni su prostor spoznavali vlastitim prostornim iskustvom.

Prostorno relevantni procesi bili su primarni interes njihove inteligencije, jer je ionako većina osnovnih osjetila prostornog karaktera. Inteligencija ljudi se time od početka usko vezala za prostorne odnose, za trenutne odnose osobno relevantnih zbivanja u prostoru, osobito u apstraktnom prostoru ideja. Inteligencija se pri tome odnosi na urođenu sposobnost pojedinca, subjekta. No, informacija je dostupna i podjednako 'objektivna' za sve sudionike nekog procesa.

Preživljavanje se i onda i sada veže za ova dva čimbenika: dostupnu informaciju i osobnu inteligenciju. Proces prikupljanja podataka i oblikovanja informacije ovisi o inteligenciji pojedinca i tu postoji međuodnos ovih dvaju pojmova. Proces prikupljanja podataka pak rijetko sadrži eksplicitne prostorne komponente jer se većina procesa odvija u nepromijenjenim prostornim situacijama te se spominju samo osnovni prostorno referentni podaci.

Informacijski projektanti su dizajnirali ili omogućili samo-izvedbu inteligentnog informacijskog agenta za kvalitetnije oblikovanje informacije iz podataka i relevantnih informacija te ga tako osposobili za raznovrsne manje-više inteligentne zadatke. Taj se agent u različitim izvedbama može nazvati 'inteligentni pomoćnik' ili 'umjetna inteligencija'[2]. No takvom pomoćniku redovito nedostaje prostorni osjećaj jer je takav agent proizvod umjetnih računalnih jezika koji su u osnovici 'neprostorni'. Naredba „repeat“ (kreni opet ispočetka[3]) nema za računalo semantičku već izvedbeno funkcijsku vrijednost.

Osnovni nedostatci ovakvih agenata mogu se vezati uz nekontrolirani *oblikovni prostor*[4], pomanjkanje eksplicitno izvedive ciljne funkcije i pomodno definiranu etiku.

1. Inteligentni informacijski agent – prikaz osnovnih nedostataka

Oblikovni prostor agenta se ugrubo ostvaruje u realnom prostoru odvijanja neke po agentu praćene ili vođene akcije ili u apstraktnom prostoru ideja ili, najčešće, u kombinaciji obaju prostora. Primjerice autonomni agent koji navodi stroj za agrarnu preciznu obradu tla vodi računa o stanju stroja, o prostoru u kojem se kreće, no istodobno prima informacije i o vremenskim okolnostima, stanju usjeva koji obrađuje te o mogućem zadiranju ili smetnji u taj prostor od strane 'stranih agenata', ljudi, životinja i biljaka.

Rješavanje situacije u stvarnom oblikovnom prostoru agenta ograničeno je na konačno velik broj stanja procesa i njihovih prijelaza, dok apstraktni prostor nije ograničen brojem

---

[2] ovdje može biti riječ o dvadesetak samostalnih ili povezanih tehnologija poput (engl.): data mining, question answering, self-aware systems, pattern recognition, knowledge representation, automatic reasoning, deep learning, expert systems, information extraction, text mining, natural language processing, problem solving, intelligent agents, logic programming, machine learning, artificial neural networks, artificial vision, computational discovery, computational creativity…

[3] 'početak' u humanoj komunikaciji primarno *konotira* mjesto

[4] prostor odigravanja radnje, pozornica, scena

stanja, situacija i odvijanja tih situacija – scenarija. Ovo nepostojanje ograničenja je izuzetno nepovoljno za projektiranje agenta.

Ciljna funkcija je u svojem jednostavnom primjeru naprosto opis zadatka što ga izvodi agent u svom okolišu samostalno ili pod kontrolom nadređenog sustava. Ciljna funkcija obično je eksplicitno zadana. U slučaju npr. robota usisača ili kućnog termostata to su jednostavne funkcije koje se mogu opisati kao varijacije start-radnja-stop funkcija. Čak i ovakve naoko jednostavne ciljne funkcije mogu silno zakomplicirati uporabu agenta zbog nepredviđenih okolnosti, poput propuha, kućnih ljubimaca i kvara nekog drugog uređaja u stanu.

U takvim okolnostima prvotno zadana ciljna funkcija se gubi 'pod višom silom' nove situacije. Apstraktni prostor okolnosti postaje toliko prebrojivo velik da je dizajn Turingova stroja praktički nemoguć, kad je već na Gödelovim principima i teorijski neodlučiv [3]. Situacija općenito teži k zastoju i neodlučivosti. Stvarna situacija tada nalaže primjenu etičkog postupka. To se prije svega odnosi na „dizajn dizajnera“ informacijskog agenta, prema Margaret Mead i Heinz von Försteru [4], dakle na primjerenu etičnost dizajnera i dakako korisnika informacijskog agenta.

Etika nalaže dizajneru i korisniku da se svaka neodlučiva situacija raspravi i u toj dilemi odluči za onu akciju koja će više doprinijeti *općem dobru*, odnosno izazvati manje zlo za cjelinu na koju se odluka odnosi. *Ad hoc* definiranu etiku, ili etiku koja usko uzima 'težinske udjele' čimbenika od opće važnosti, možemo nazvati *pomodna etika*. Takva etika ne bi uzimala u obzir širi kontekst posljedica odluke u nekoj situaciji. Ona ne bi uzimala na primjer u obzir treba li s određenim, agentom opremljenim, poljoprivrednim strojem u danim okolnostima uopće 'ući u polje'. No odluka u njegovom korištenju mora biti donesena ili unaprijed ili u nekom za proces vezanom 'kritičnom vremenu'.

2. Ideja dizajna prostorno-informacijskog agenta

Razmatra se i predlaže redizajn prostora, dizajn ciljne funkcije i dizajn etičkih granica agenta.

2.1 Redizajn prostora

Prostorni informacijski agent mora raspolagati s 'osjećajem prostora', realnog ili onog apstraktnog ili kombinacijom istih. Uz raspolaganje takvim svojstvima bit će izložen manjem riziku neuspješnog dizajna od informacijskog agenta bez tog svojstva. U tu svrhu se prostoru rada stroja mora pridijeliti statička i dinamička informacijska mjera.

2.1.1 Informacijska mjera prostora

Najpoznatija informacijska mjera prostora jest Carnapova ciljna entropija [5, 6]. Ciljna ili teleonomska entropija razmatra entropiju pojedinačnih objekata u nekoj ciljnoj strukturi. Npr. entropiju rasporeda učenika u učionici ili entropiju rasporeda gledatelja na utakmici u svrhu uočavanja mjere postignutog “reda u prostoru”. Mjera podjele prostora u tom slučaju određuje prostorne segmente Voronojeva dijagrama koje “zauzimaju” pojedini objekti[5]. Odnos veličina tih prostora i njihova razdioba prema traženoj ciljnoj raspodjeli „reda u prostoru procesa“ određuju trenutno stanje ciljne entropije[6].

Teleonomsku entropiju je prvi izrazio filozof Rudolf Carnap (1956.) [6]. Ona obuhvaća izračun informacije u danom prostoru stanja prema informaciji željenog prostora stanja, i dinamiku tog kretanja [7]. Temeljno pravilo Carnapove entropije jest da entiteti ustroja pravično dijele skupni fazni prostor. Entiteti su obično pretpostavljeni kao točkasti elementi,

[5]Georgij Voronoj (1868–1908), ruski i ukrajinski matematičar
[6] ukoliko je cilj stvoriti neki 'organizirani nered' u prostoru onda je to referentna veličina

zvani mjerne točke. U konačnici logaritam udjela prostora pojedinog entiteta pomnožen s udjelom daje informacijski sadržaj udjela tog entiteta. Zbroj svih informacijskih sadržaja svih entiteta daje iznos entropije danog ustroja u danom faznom prostoru. No mjera je uvijek bit po jedinici volumena faznog prostora, npr. *bit/m*^{3}.

Rudolf Carnap (1956) uveo je opći, *n*-dimenzijski, prostor sustava koristeći sustavski prostor od *n* varijabli unutar teorijskih granica od R^{μ}, μ je u maksimumu jednak *n*. Svaka sustavska varijabla u_i dana je unutar svojih minimalnih i maksimalnih granica vlastitog prostora ϕ_i. Tako svaki dvo, tro ili više – dimenzijski prostor proizvodi pripadni Voronojev dijagram. Odgovarajući prostor e_j koji određuje neka ćelija u tom prostoru dan je za svaku mjernu točku $b_j(u_{i1}, u_{i2})$ kriterijem najmanjeg razmaka elemenata prostora prema susjednim ćelijskim mjernim točkama[7]. Povezivanja relativnog omjera svakog zauzetog prostora i teorijske granice mogućnosti prostiranja istog, dvojni logaritam te relacije naziva se Carnapova entropija[8] [5, 6, 7, 8]

$$I_C = -\sum_j \frac{e_j}{R^{\mu}} ld \frac{e_j}{R^{\mu}} \text{ (bit/volumen prostora stanja)} \qquad (1).$$

Carnapova entropija međutim ne daje neki naputak za podjelu prostora u slučaju da elementarne mjerne točke nisu istog sadržaja, npr. iste mase, no višestruke težine točaka daju višestruki doprinos entropiji [8, str. 132]. Posebno, međutim, valja pažljivo razmotriti granice prostora promatranog procesa, jer se teorijske granice od R^{μ} moraju dobro definirati kako bi mjera (1) bila ispravno izračunata. Ovo se posebno odnosi na apstraktne varijable poput rizika. Najjednostavniji izračun informacijskog sadržaja nekog prostora / objekta nalazi se izradom projekcije na pripadni *linijski hologram* [8, str.128]. Sažeta Carnapova informacijska mjera nekog objekta ili prostora može se tada izračunom informacijskog sadržaja jednodimenzijskog linijskog holograma; primjer za 2D objekt na slici 1. i za 3D objekt na slici 2[9].

2.1.2 Informacijska mjera prostor-vrijeme[10]

Višestruke mjerne točke u vremenu su informacijski bogatije od samih statičkih prostornih situacija. Stoga je pogodno definirati dodatnu informacijsku mjeru *pravilom promjene iznosa* pri kvantifikaciji sadržaja informacije procesnog signala [8, str.126]. Zbog općenitosti pristupa praktično je signal vremenske promjene kodirati jediničnim +/- koracima tzv. Δ-modulacijom.

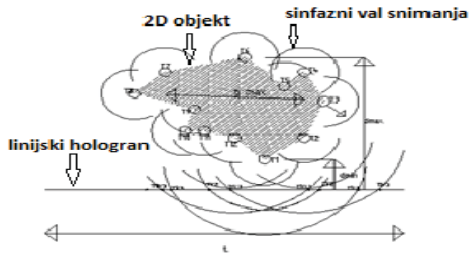
---

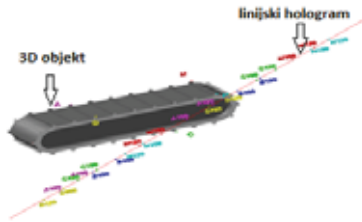
[7] neki objekt je cjelina mjernih točaka pa se pripadnost prostora određuje prema njegovim rubnim točkama

[8] Dok se Voronojev dijagram odnosi na općenitu pravilnost zauzimanja prostora, za Carnapovu entropiju to mora biti minimalni prostor rasprostiranja kinematičkih točaka tijela, odnosno ćelija, relevantnih za dani opis aranžmana okolnosti; događajima pogonjeni dinamički/kinematički sustavi imaju promjenjivi prostor stanja

[9] Pri tome rekonstrukt holograma daje dva rješenja 'desno' i 'lijevo'

[10] Predlaže se izdvajanje vremenske komponente iz originalne ideje Rudolfa Carnapa koji je operirao u zajedničkom faznom prostoru s brzinama i položajima objekata; ovo traži prikaz razvoja situacije 'poput crtića'





Sl.1. Holografska projekcija 2D objekta

Sl. 2. Holografska projekcija 3D objekta

Za tri i više koraka promjene dobiva se informacijski sadržaj Δ-moduliranog signala koji za barem dva kodna znaka ima iste iznose entropije, vidjeti Dodatak A[9]. Stoga se pristupa ekspanziji kodnih koraka, ekspanziji koja uzima u obzir sve međusobne promjene koraka. Tako ekspandirani kodovi za četiri vremenski uzastopna koraka imaju šest pozicija koda: tri od razlike za četiri uzastopna koraka, dvije za razmak od dva i jednu za kodni razmak od tri koraka. Svih 27 kodova imaju različite kodne znakove i različite entropije, vidjeti Dodatak B za prvih 13 kodova [8, str. 130, 9].

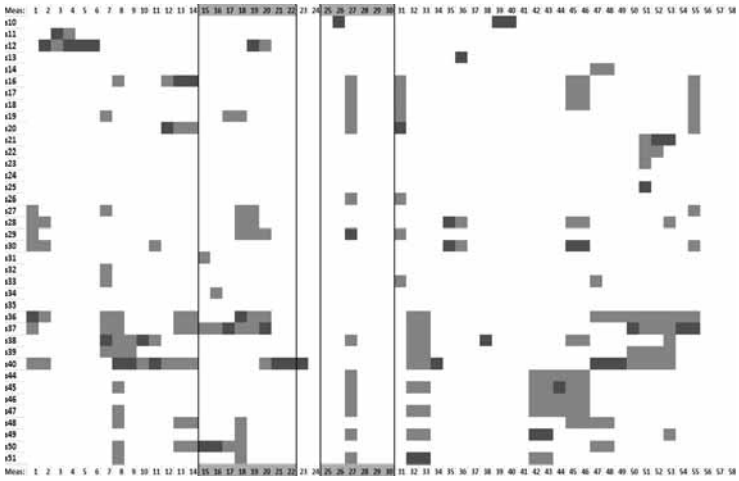
2.2.Inženjering ciljne funkcije

Ciljna funkcija nekog sustava može biti predmet vrlo žustre rasprave društvenih znanosti. Postoji 13 kategorija konflikata pri određivanju društvenih ciljeva [10]. Ciljna funkcija tehničkog sustava je međutim inženjerska svakodnevnica: razapeta između želje kupca i cjenovne izvodljivosti projekta. Da bi donekle riješili ovu dilemu možemo se poslužiti jednom inačicom dizajna koju je Carnap potaknuo svojim razmišljanjem, pojmom *aranžman okolnosti*. Naime, da bi se neka situacija mogla uklopiti u ostvarivo rješenje potrebno je za svaki situacijski trenutak odrediti koliko je dani postav prostora, mehanizama i funkcija stvarno-vremenskog i apstraktnog prostora međusobno sukladan. Sukladan s čime?

Da bismo odgovorili na to pitanje moramo posegnuti duboko u opću teoriju sustava. Tamo se spominje npr. da je cilj klasične fizike izražen Laplaceovim duhom, koji tvrdi, da se na temelju položaja i momenta (brzina) čestica može predvidjeti stanje svemira u bilo kojem trenutku [11]. No vidimo iz vremenskih kodova u Prilozima A i B da to nije moguće, jer se praćenjem samo brzine, a ne i barem njezine kodirane derivacijske slike, 'izgubila informacija o sustavu'. Klasična znanost vodi do sve veće i veće 'atomizacija' i partikularizacije stvarnosti. Informacija se izgubila. Moderna znanost teži holistici. Primjer je Wilberova teorija svega [10]. Ako zanemarimo mnogobrojne dileme i nesuglasice koje izaziva njegov četvero-kvadrantni 13-razinski svijet u razvoju ostaje osnovna ideja o kvaliteti spiritualnog i materijalnog aspekta života.

Ne ulazeći u spiritualnost može se s grubo inženjerskog aspekta reći da je kvaliteta ono što svaka osoba, da se ne spominje posebno biljni i životinjski svijet i okoliš, očekuje u svom postojanju. Ciljnu funkcija koja ne bi vodila računa o kvaliteti razmatranog tehničkog postava obilježavala bi razarajući, destruktivni sustav, destruktivna ponašanja ljudi i degradirajuće okolnosti postojanja. Kvaliteta implicira praćenje onih za kvalitetu relevantnih stanja, prostora, mjerivih veličina i procesnih ulaza koji daju zamjetljiv, mjeriv doprinos kvaliteti konačnog proizvoda i/ili usluge sustava. Kvaliteta je primarna holistička veličina.

Primjer: informacijska sukladnost signala kontrole kvalitete keramičkih pločica sa signalima kontrole kvalitete u procesu, *s10* do *s51*, po proizvodnim smjenama označena je crnim a sukladnost kodnih znakova iz Dodatka sa sivim područjima, slika 3., sve snimljeno u tvornici keramike KIO Orahovica.



Sl. 3. Impaktogram[11] za prešu #9 u tvornici keramike KIO Orahovica za 58 smjenskih praćenja signala kvalitete i procesnih signala, *s10* do *s51*; crno označeni su periodi slaganja kodnog i informacijskog iznosa signala kvalitete proizvoda i pojedinog procesnog signala, sivo su periodi samo kodnog slaganja. Kodiranje procesnih signala i kvalitete izlaznog proizvoda izvedeno je prema dodatku B [9].

2.3 Dizajn etičkih granica agenta

Etička dilema ne postoji općenito. Ona se međutim može nametnuti svakom scenariju ili uvući u svaki detalj nekog scenarija, zvan aranžman okolnosti[12]. Postoji opće postavljena *pravila robotike* koja se odnose na svakog agenta a koja zahtijevaju da agentom vođene akcije ne smiju ozlijediti ljudsko biće svojim djelovanjem ili izostankom djelovanja [12]. Agent mora poslušati naredbe od ljudskog bića osim ako se kose s prvim zakonom. Agent mora zaštititi svoje postojanje osim kada se to ne suprotstavlja prethodnim pravilima.

Da bi agent mogao djelovati prema *pravilima robotike* i prema neodlučivim situacijama mora biti svjestan svakog aranžmana okolnosti. Osnovno za razmatranje svjesnosti je pitanje agentovog semantičkog sklopa, odnosno kako on interpretira tekući aranžman okolnosti.

[11] Impaktogram je informacijski otisak kvalitete proizvodnog stroja ili procesa; mjesta informacijske sukladnosti mogu ukazivati na varijablu koja utječe na kvalitetu konačnog proizvoda

[12] Aranžman okolnosti je jedna scena u scenariju s opisivim kontekstom ishoda situacije

Referencija na interpretaciju može se izvesti iz ciljne funkcije projicirane na dani aranžman okolnosti.

No ciljna funkcija se zadaje često verbalno, jer može izražavati nečiju želju, volju ili izričiti zahtjev.

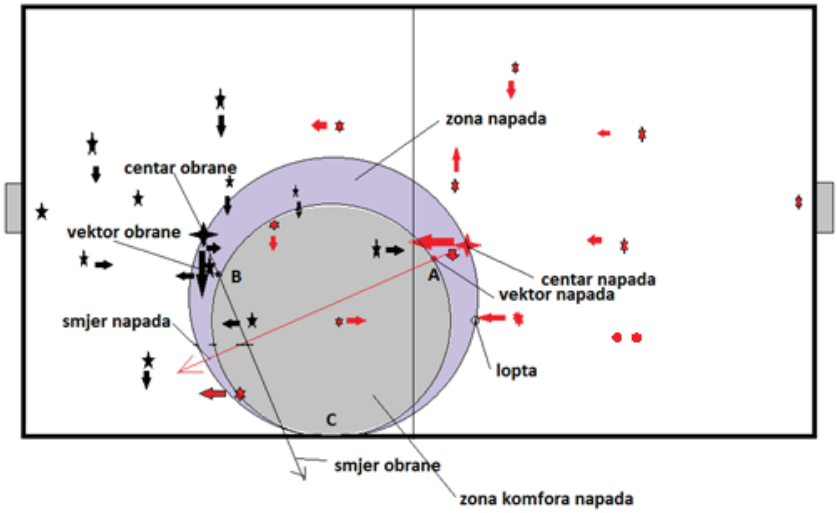
2.3.1 Aranžman okolnosti izvan područja ciljne funkcije

Agent mijenja okolnosti da bi se postavile u okvir ciljne funkcije. Unosi li time kršenje pravila? Dominira informacija o okolini agenta. Traži razliku stvarnog stanja okoline i poželjnog stanja okoline. Bira putove dolaska u područje ciljne funkcije. Ovo je pitanje dizajna organizacije priprave izvedbe radnog zadatka.

2.3.2 Aranžman okolnosti unutar ciljne funkcije

Agent izvodi ciljnu funkcije. Unosi li time kršenje pravila? Dominira informacija o stanju agenta / radnog sustava.

Primjer – ABC model[13] određivanja stanja napada / obrane u nogometu, sl.4. *Zona napada* je prostor omeđen *centrom napada crvenih A*, *centrom obrane crnih B* i *najbližom Carnapovom granicom igrališta C*. Zona *komfora napada* ABC je područje scene događanja koja je određena prostorom očekivane promjene zone napada u sljedećoj sceni, dužinama vektora obrane i napada te Carnapovom granicom područja.

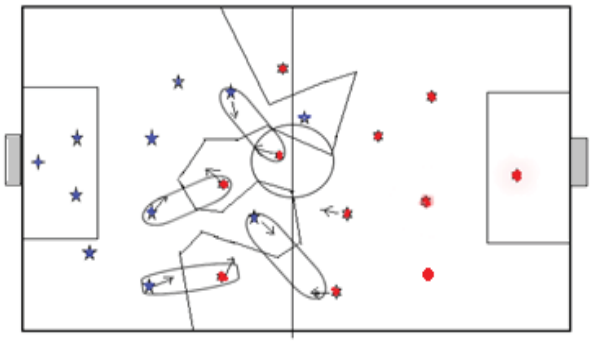


Sl. 4. ABC model rizika nogometne situacije – očekivana promjena scene bez smetnji

Slika 5. prikazuje aranžman okolnosti u danoj situaciji za eventualno određivanje entropije aranžmana. Upareni igrači u izravnom /posrednom kontaktu mogu se različito obilježiti pripadnom težinom. Voronojev dijagram situacije i izračun pripadne Carnapove

[13] Apstrakcija u tumačenju semantike scene, prostor omeđen s granicama scene i postupcima aktera

entropije nakon određivanja važnosti položaja igrača u danom trenutku situacije dan je u Dodatku C.



Sl. 5. Kodiranje prostora trenutne formacije igre: četiri para napad/obrana – ostatak formacije u iščekivanju; broj parova igrača u aktivnom napadu/obrani 4, u napadu 6 i obrani 6

2.3.3 Smetnje aranžmana

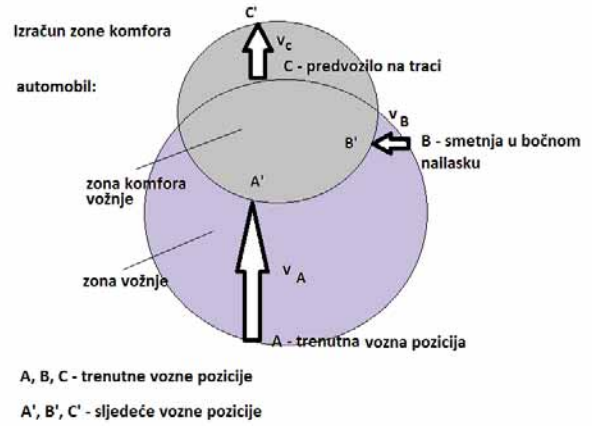
Agent nastoji djelovati na smanjenje smetnji. Unosi li time kršenje pravila? Agent se informira o smetnjama u i izvan sustava. Prati jesu li otklonjive. Komunicira s nadređenim sustavom.

Rad agenta možemo dizajnirati tzv. *modelom četiri koraka*, koji sadrži aranžman okolnosti, apstrakciju[14], ciljnu funkciju[15] i izračun[16]. Za slučaj rada agenta na zadatku sprječavanja epidemije gripe aranžman okolnosti će nam predstavljati sve različite mogućnosti nastanka epidemije i njezinog širenja u početku, pod apstrakcijom gripu možemo zamišljati kao ekvivalentnu mrlju u ciljnom prostoru čija se površina mijenja sa stanjem zaraze, a epidemiju kao naglu ekspanziju te površine. Ciljnu funkciju će nam predstavljati kontrolirani broj zaraženih ljudi u vremenu. U izračunu ćemo koristiti prostornu entropiju različitih primjera epidemije gripe, tj. različitih brzina širenja gripe na koje će utjecati adaptacija virusa na ljude i okolinu te će predstaviti različite razine sigurnosti, tj. stupnjeve sigurnosti i socijalnih mjera donesenih od vlasti na preporuku epidemiologa, koje bi spriječile brže širenje virusa gripe.

Primjer: određivanje rizičnog područja zone vožnje zbog smetnje

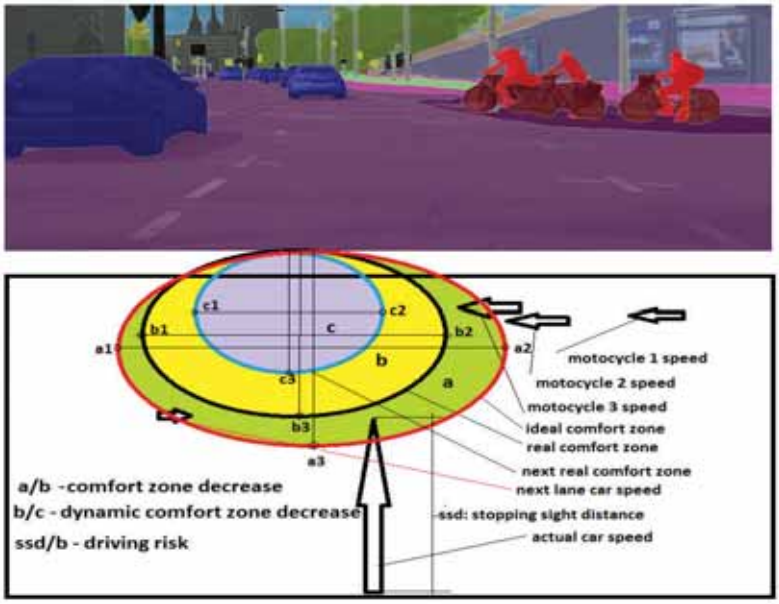
Slika 6. Prikazuje apstrakciju situacije procjene rizika u jednoj prometnoj sceni na prilazu mostu preko Rajne u Kölnu[17].

[14] Apstrakcija situacije sadrži barem jednu apstraktnu mjeru aranžmana okolnosti, ključna je prostorna mjera
[15] ciljna funkcija može biti izvršenje nekog zadatka u konkretnom ili apstraktnom prostoru poput dobiti firme
[16] Obično se izračunava rizik danog aranžmana okolnosti
[17] Iz javne baze ADAC, 2019



Sl. 6. Apstrakcija vozne situacije s procjenom rizika *bez smetnje* – prilaz vozila mostu u Kölnu

Za određivanje smetnji vožnje poslužit će slika 7. Slučaj se odnosi na istu cestovnu situaciju apstrahiranu na slici 6. Glavni pravac kretanja vozila i *potencijalne* smetnje određeni su vektorima u apstraktnom prostoru potencijalnog rizika (donja slika).



Sl. 7. Slika aranžmana prometnih okolnosti na prilazu mostu u Kölnu (gore) i apstraktni prostor potencijalne smetnje za izračun trenutnog rizika vožnje (dolje)

3. Dizajn agenta za holonsku sigurnost

3.1 Holonski model sigurnosnog sustava

Sigurnosni sustavi današnjice su etička degradacija. Potpuno drugačiji pristup sigurnosti postoji u holonskom modelu svijeta Kena Wilbera [10]. U koncepciji svijeta po Kenu Wilberu holon je osnovna gradbena jedinica hijerarhije. U hijerarhiji, međutim, vladaju odnosi koje možemo sa stajališta sigurnosti najkorisnije opisati kao empatičnima: niži sloj se podvrgava

apsolutno pod ingerenciju višeg sloja a viši sloj posjeduje neograničenu pozitivnu emociju – ljubav – prema nižem sloju. Ovakav svijet beskompromisno postoji na atomsko-molekularnoj razini dok se izmiče na višim razinama hijerarhije holona, da bi naoko potpuno izblijedio u sigurnosnim sustavima, koji barataju pojmom ugroženosti ili straha kao njegovom psihološki manifestnom iskazu, kao antipodu empatije.

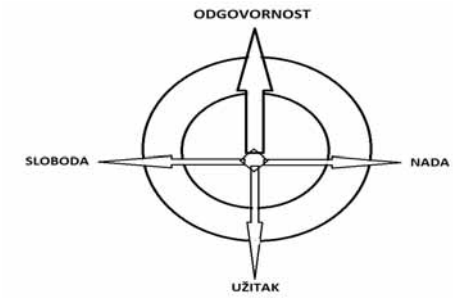
Dakle, po Wilberu bi snižavanje sigurnosti nastalo iz pada empatije u sustavu. Svjedoci smo namjernom ili manipuliranom porastu straha i padu empatije u društvu te time porastu sigurnosnih ugroza.

3.2 Složene sigurnosne ugroze

Pandemija predstavlja složenu sigurnosnu ugrozu jer svaki pojedinac predstavlja potencijalnog širitelja ugroze i istodobno žrtvu ugroze. Svijest o svojoj potencijalnoj opasnosti i istodobno ugrozi različito se manifestira kod pojedinaca i skupina. Pojedinac istodobno osjeća ograničenu slobodu npr. kretanja ili druženja ali i odioznost prema potpunoj slobodi kretanja zbog mogućnosti zaraze. Ovu paradoksalnu situaciju opisuje više varijabli ljudskog ponašanja: sloboda, nada i tijek (užitak); u originalu: *freedom, hope and flow* [13]. Autor Csikszentmihalyi [14] argumentira da održavanje ljudske svijesti od atrofije zahtijeva brigu vlasti i njihovih aktivnosti prema ljudima kojima bi trebale spriječiti njihove zajednice od patnje, propadanja i smrti. U ovoj paradoksalnoj situaciji autor Kabigting [13] predlaže odgovornost kao četvrto stanje ljudske svijesti koja se operacionalizira u svjetlu teorija paradoksa koja omogućuje procvat ljudskosti i društva.

Odgovornost (engl. *responsibility*) ili osjećaj odgovornosti poziva se na obvezu zadovoljavajućeg obavljanja zadatka na osobnoj, organizacijskoj ili upravljačkoj razini izvedbe [14]. Odgovornost se razlikuje od pojma ugovorne odgovornosti (engl. *liability, accountability*) koja je obvezna strana ponašanja neke stranke ili tvrtke. Odnosno, osoba preuzima odgovornost no nije utuživa zbog njezine provedbe. Opseg odgovornosti primarno pokriva pridružene ili operativne zadatke a ne preuzima moralne, etičke ili legalne vidove odgovornosti. Omogućavanje odgovornosti postaje ujedinjujući uvjet unutar slobode, nade i užitka [14].

Ovaj paradoks, koji prikazuje slika 8., navodi na definiciju paradoksa po Smithu i Lewisu [15], gdje su paradoks iskazi ili elementi koji su očigledno kontradiktorni po svojoj prirodi ili značenju ali koegzistiraju simultano i održavaju se u svom postojanju i prirodi te u ishodima osobnih i organizacijskih razlika. Ove razlike neizbježno rezultiraju u paradoksalnim tenzijama koje se mogu promatrati kao dileme ili suprotnosti, kao kompromisi i dijalektički parovi, ili se ispoljavaju kao paradoks koji utječe na način izbora ciljeva kojim se pojedinac izbavljuje od tenzije.



Sl. 8. Paradoks cjeline slobode, užitka i nade u ravnoteži s odgovornosti

Složene sigurnosne ugroze su svakako i pandemije jer se miješaju tehnički atributi sigurnosti (engl. *security*) i procesne sigurnosti pojedine osobe (engl. *safety*) da bi se na jednom većem mjerilu postigao društveni cilj, obrana od pandemije.

3.3 Modeli uređaja za osiguranje prostora

Dva su osnovna modela uređaja za osiguranje prostora: nadzorno osobni i nadzorno impersonalni. Dok prvi podliježu zahtjevima iz GDPR standarda i EDPB smjernica drugi se mogu instalirati na svakom za vlasnika povoljnom mjestu. Oba uređaja moraju ustanoviti pridržava li se neka osoba unutar prostora štićenja zahtjeva koje je izdao vlasnik prostora. Na temelju te procjene moguće je stupanj ugroze numerički odrediti preuređenjem izraza (1) tako da izbacimo brzine i uvedemo težine uz svaku 'prostornu česticu'. Preuređena formula sada glasi

$$l_{cS} = \sum_{i}^{N} \frac{e_i \cdot w_i}{R} l\, d \frac{e_i w_i}{R},\ {}^{bit}/_{R} \qquad (2),$$

gdje je w_i težinski koeficijent procjene ugroze svake 'čestice' a R je jednak

$$R = \sum_{1}^{N} e_i w_i \qquad (3).$$

No zahtjevi za obradom podataka u navedenim uređajima se bitno razlikuju. Da bi utvrdili drži li se netko propisanih preporuka dovoljno je u prvom modelu pamtiti njegovu sliku i naknadno ga prozivati na neposluh, dok je u drugom modelu indikacija neposluha anonimna i samo trenutno upotrebljiva.

Bez obzira na model, uređaj treba raspolagati s dovoljnom inteligencijom za izvršenje zadatka osiguranja prostora. Prikaz izvedbe uređaja za neosobni nadzor pristupa štićenom prostoru u dodatku D [16].

Rasprava i zaključak

Umjetna inteligencija uzima prostorni vid stvarnosti u pojedinim svojim granama, poput ekspertnih sustava, no nikada sustavski. Za nju kao da sustavski prihvaćen prostor ne postoji. No posredno se isključivo na prostoru temelji lingvistička baza umjetne inteligencije: govor i svakodnevno iskustvo. Izravno se na konkretnom i apstraktnom prostoru odvija sva stvarnost. Promatrana očima informacijskog projektanta stvarnost je 'mjerivim' i apstraktnim prostorom određena pozornica 'pokretana vremenom'.

Uvođenje prostora preko entropijske mjere dane npr. Carnapovom idejom klasičnog prostor-vremena mogu se unaprijediti istraživanja i tehnička rješenja u ICT primjeni. Ovime se mogu elegantno riješiti i neki dosada klasični zadaci fizike poput problema triju tijela. No mjera prostor-vrijeme u Carnapovom pristupu ima jaka ograničenja. Za veći broj dimenzija suptilnost prostorne mjere se gubi: već za šest dimenzija, što bi trebao biti potpuni opis položaja i brzine tijela u tri dimenzije, potrebno je za dobivanje razlučivosti modela od jednog promila rezervirati $\left(\frac{1}{1/1000}\right) exp6 = 10^{18}$ memorijskih lokacija u računalnoj konfiguraciji.

Stoga su se ovdje navedena istraživanja ograničila na trenutnu pretragu za informacijom u prostoru većeg broja varijabli i ograničenog vremenskog koraka. Kao minimalni vremenski korak pokazalo se u principu nužnim uvesti četiri uzastopne snimke istraživanog procesa. Manji broj snimki ne bi davao jednoznačna rješenja i stoga ne bi bio informativno jednoznačan. Veći bi vodio na nesavladivo povećanje dimenzije istraživanog prostora. Porast Carnapove entropije znači porast informacijske složenosti i nije dobrodošao.

Ingenioznost projektanta se tada sastoji u izboru varijabli danog scenarija u konstrukciji informacijskog prostorno-ciljnog agenta te u izbor vremenskih koraka. Varijable poput prostora rizika i napadačko-obrambenog prostora u ekipnom sportu rješavane tehnikom ABC projektiranja su uklopive u prostorni koncept informacijskog agenta. Pitanje primjenjivosti prikazanih tehnika je intuitivno jasno: dok se prometno sigurnosni koncepti tek moraju provjeravati na kontroliranim situacijama, sportski se mogu koristiti u naknadnim strateško-taktičkim primjenama a nadzorne sustave bi valjalo opremati sukladno navedenim principima.

Ciljna funkcija i njen izbor su sljedeći zadatak u projektu inteligentnog agenta. Za njen dizajn međutim potrebno je uzeti kao kriterij etičnost. Dok se za jednostavne alate poput baterijske kosilice pretpostavlja da je ljudska uporaba dovoljan garant etičnosti, inteligentnim agentom vođen poljoprivredni stroj te garancije naprosto nema. Stoga se očekuje da se za neodlučive situacije osigura kontakt s nadređenim ljudskim agentom vođenim sustavom u razrješenju etičke dilema. U zajedničkom 'obrambeno-napadačkom prostoru' etike rješenja.

U svijetu u kojem je umjetna inteligencija 'u povojima', jer se takav etički rješiv protokol ne predviđa, osnovno je pitanje dobivanja dopuštenja za primjenu umjetne inteligencije, rješenja nalik na nadzorni uređaj u pandemijskim okolnostima. Na takva rješenja ćemo još malo pričekati, jer smo trenutno poligon za uvježbavanje umjetne inteligencije. Bez našeg dopuštenja.

Referencije

[1] von Bertalanffy, L., *Opća teorija sustava*, Zagreb 2022, KIKLOS – KRUG KNJIGE, str. 226, ISBN: 978-953-7992-16-3

[2] Whorf, B. L., *Language, Thaught and Reality: Selected Writings of B.J. Whorf*, John Carroll, editor, New York, John Wiley & Sons, 1956.

[3] Kurt Gödel, 1931, "*Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme, I*", Monatshefte für Mathematik und Physik, v. 38 n. 1, pp. 173–198. doi:10.1007/BF01700692.

[4] Mead, Margaret. "The Cybernetics of Cybernetics." In *Purposive Systems*, edited by Heinz von Foerster, John D. White, Larry J. Peterson and John K. Russell, 1–11. New York: Spartan Books, 1968.

[5] F. Jović, Ž. Kozlina, A. Jović, *Informacija o svrsishodnim mehanizmima*, 9. PIFT 2020. KIKLOS – KRUG KNJIGE 2023.

[6] Rudolf Carnap, *Two Essays on Entropy*. Shimony, Abner, ed. University of California Press, 1977., ISBN: 0-520-02715-9.

[7] A. Pudmetzky, *Teleonomic Entropy Measuring the Phase-Space of End-Directed System*, Appl. Math. Comput. 162 (2) (2005) 695–705.

[8] Jović, F., *Geometrijska linijska holografija*, Zagreb 2015, KIKLOS -KRUG KNJIGE, ISBN: 978-953-7992-01-9.

[9] Jović, Franjo; Jović, Alan; Krmpotić, Darko. *Quality control engineering in automated ceramic tile production using a signal information content approach*. // Advanced engineering informatics. 27 (2013), 1; 93-107.

[9] http://www.irenees.net › bdf_fiche-analyse-658_en pregled 23.1.2023.

[10] V. Borš , *Integralna teorija Kena Wilbera*, FF press, Zagreb, 2012.

[11] Pierre Simon de Laplace, (1749-1827). Metafora o sveznajućem biću u *Theorie Analytique de Probabilites,* 1812-1820.

[12] https://hr.wikipedia.org/wiki/Tri_zakona_robotike, pregled 25.2.2023.

[13] J. Kabigting, (2021). *Responsibility: Enabling Human Consciousness and Flourishing Using Paradox Theory*. *Academia Letters*, Article 368. https://doi.org/10.20935/AL368.

[14] M. Csikszentmihalyi, M. (2014). *The politics of consciousness*. In T. J. Hämäläinen & J.Michaelson (Eds.), *Well-being and beyond* (pp. 271-282). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

[15] W. Smith, M. Lewis, (2011). *Toward a theory of paradox: A dynamic equilibrium of organizing*. Academy of Management Review, 36(2), 381-403.

[16] Jović, F., Balać, B., *Entropijski modeli sigurnosti*, 10. PIFT Zagreb, studeni 2021.

Zahvala: zahvaljujem se Borisu Balaću, Ivanu Flegaru i Alanu Joviću na kritici, primjedbama i sugestijama.

Dodatak A

Kodiranje triju promjena signala Δ-modulacijom; kodovi 4. i 5. imaju isti informacijski sadržaj

Slučaj	Δ -modulacija	Informacijski sadržaj (bit/V)
1.	I^{+++}	$I^{x1+3\Delta}\left(x_1+\frac{\Delta}{2}\right)+2I^{x1+3\Delta}(\Delta)+I^{x1+3\Delta}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$
2.	I^{++-}	$I^{x1+2\Delta}\left(x_1+\frac{\Delta}{2}\right)+2I^{x1+2\Delta}(\Delta)+I^{x1+2\Delta}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$
3.	I^{+-+}	$2I^{x1+\Delta}\left(x_1+\frac{\Delta}{2}\right)+2I^{x1+\Delta}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$
4.	I^{+--}	$I^{x1+\Delta}\left(x_1-\frac{\Delta}{2}\right)+2I^{x1+\Delta}(\Delta)+I^{x1+\Delta}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$
5.	I^{-++}	$I^{x1+\Delta}\left(x_1-\frac{\Delta}{2}\right)+2I^{x1+\Delta}(\Delta)+I^{x1+\Delta}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$
6.	I^{-+-}	$2I^{x1}\left(x_1-\frac{\Delta}{2}\right)+2I^{x1}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$
7.	I^{--+}	$I^{x1}\left(x_1-\frac{3}{2}\Delta\right)+2I^{x1}(\Delta)+I^{x1}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$
8.	I^{---}	$I^{x1}\left(x_1-\frac{5}{2}\Delta\right)+2I^{x1}(\Delta)+I^{x1}\left(\frac{\Delta}{2}\right)$

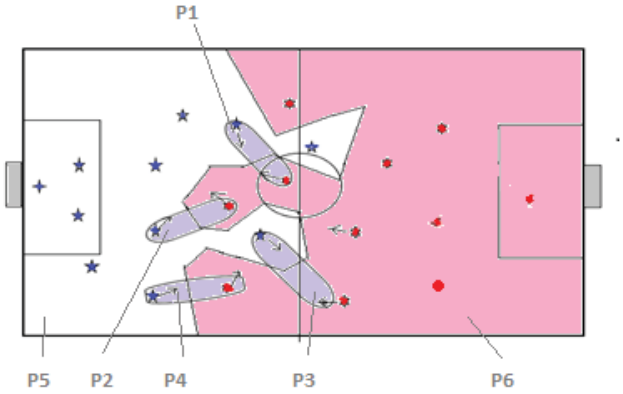
Dodatak B

Prvih 13 kodova triju promjena proširenog Δ -moduliranog signala; svi kodovi imaju različiti informacijski sadržaj

Kodni znak	Δ-modulacija	Δ-redak	Informacijski sadržaj
A	I^{000}	(000000)	$6I^{x1}(x_1)=0$
B	I^{00+}	(00+0++)	$2I^{x1+3\Delta}(x_1+\Delta/2)+3I^{x1+3\Delta}(\Delta)+I^{x1+3\Delta}(\Delta/2)$
C	I^{00-}	(00−0−−)	$I^{x1}(x_1-5/2\Delta)+3I^{x1}(\Delta)+2I^{x1}(\Delta/2)$
D	I^{0+0}	(0+0+++)	$I^{x1+4\Delta}(x_1+\Delta/2)+4I^{x1+4\Delta}(\Delta)+I^{x1+4\Delta}(\Delta/2)$
E	I^{0++}	(0+++++)	$I^{x1+5\Delta}(x_1+\Delta/2)+4I^{x1+5\Delta}(\Delta)+I^{x1+5\Delta}(\Delta/2)$
F	I^{0+-}	(0+−+00)	$2I^{x1+\Delta}(x_1+\Delta/2)+4I^{x1+\Delta}(\Delta/2)$
G	I^{0-0}	(0−0−−−)	$I^{x1}(x_1-7/2\Delta)+4I^{x1}(\Delta)+I^{x1}(\Delta/2)$
H	I^{0-+}	(0−+−00)	$4I^{x1}(x_1-\Delta/2)+2I^{x1}(\Delta/2)$
I	I^{0--}	(0−−−−−)	$I^{x1}(x_1-9/2\Delta)+4I^{x1}(\Delta)+I^{x1}(\Delta/2)$
J	I^{+00}	(+00+0+)	$3I^{x1+3\Delta}(x_1+3/2\Delta)+2I^{x1+3\Delta}(\Delta)+I^{x1+3\Delta}(\Delta/2)$
K	I^{+0+}	(+0++++)	$2I^{x1+5\Delta}(x_1+\Delta/2)+3I^{x1+5\Delta}(\Delta)+I^{x1+5\Delta}(\Delta/2)$
L	I^{+0-}	(+0−+−0)	$3I^{x1+\Delta}(x_1+\Delta/2)+3I^{x1+\Delta}(\Delta/2)$
M	I^{++0}	(++0+++)	$I^{x1+5\Delta}(x_1+3/2\Delta)+4I^{x1+5\Delta}(\Delta)+I^{x1+5\Delta}(\Delta/2)$

Dodatak C

Izvorna konfiguracija kretanja igrača, trenutni Voronojev dijagram aranžmana



Prema izrazu (1) možemo računati Carnapovu entropija raspodjele prostora igre označenog sa P1 do P6. Cijeli prostor je podijeljen na P=1250 jediničnih polja, $\{P_1 = 13; P_2 = 14; P_3 = 17; P_4 = 14; P_5 = 489; P_6 = 704\}$, pa entropija iznosi

$$H = -\sum_1^6 \frac{P_i}{P} ld \frac{P_i}{P} = 1{,}2899 \frac{bit}{polje}$$

Pri tome su prostori parova igrača koji se 'pokrivaju' P1 do P4 samo jedna apstrakcija u zamisli trenera. Ukoliko su treneru ti prostori od puno veće važnosti za igru od kretanja i položaja ostalih igrača onda im može pridijeliti deseterostruke težine zauzimanja prostora iz izraza (2) i (3); tada bi Carnapova entropija prema (2) iznosila , $\{P'_1 = 130; P'_2 = 140; P'_3 = 170; P'_4 = 140; P'_5 = 489; P'_6 = 704,\ P' = 1773\}$ $H = -\sum_1^6 \frac{P'_i}{P'} ld \frac{P'_i}{P'} = 2{,}2207 \frac{bit}{polje}$. Zamijetimo da bi Carnapova entropija zaposjedanja prema slici 5. iznosila tek 0,97835 bit/polje. Informacijski 'dodatak' rezultat je trenerove zamisli ostvarenja cilja momčadi.

Dodatak D

Nadzor i impersonalna detekcija kretanja, znakovi komunikacije s korisnicima prostora

Mirjana Vasiljević
Vladimir Milosević
Nenad Kapor

Originalni naučni rad
UDK 656.7:656.1]:519.872.6

MODELING OF AIRCRAFT PERFORMANCE

Brief Annotation

Mathematical methods of Regression analysis, with focus on polynomial regression, are useful analytical methods for trend-line definitions of an aircraft aerodynamics. Nomogram is graphical interpretation of polynomial regression analysis results and aero-dynamical performance according to different environmental parameters and requirements.

If diagram defines relations of two variables, where the one is dependable of another one ($y=f(x)$), the nomogram defines relations among three variables, where the one is resulting and dependable of another two undependable.

The Small Variable Units Technique is efficient method to transfer nomograms' data in polynomial equitation which can give us different mathematical models of an aircraft performance.

In combination with time-based navigation, digitalization of aerodynamical characteristic will be a step forward to Continuous Climb and Descent Trajectories, as the most optimal one.

Keywords: performance optimization, digitalization, composite, regression, nomogram.

Introduction

Fast technical development of new age require more efficient and intelligent way of transportation what put air transport, air industry and aeronautical science in focus, as solution for modern business models.

Introduction of ultra-light composite materials, efficient and lighter electric propulsions and digitalization of onboard electronics, have brought various alternative aircraft constructions like quadricopters and ultra-light airplanes.

Modern standards of environmental protection, energy efficiency and tendencies for developments of air-traffic networks over large urban area for commuter and personal transportation, put in focus two main aircraft performance requests which could be defined as:

1. «On-spot landing»,
2. Energy efficient aero-dynamical performance.

Even from the beginning of aeronautical science an aircraft aero-dynamical performance was the main focusing issue. Earth gravity and air as medium which provides lift, drag and propulsion force of an aircraft make mathematical modeling a complex task with many dependable and undependable elements and functions.

Mathematical methods of Regression analysis, with focus on polynomial regression, are useful analytical methods of experimental tastings of an aircraft and definition of trend-line for physical characteristics of aerodynamics which are important for further aircraft exploitation.

Nomogram is graphical interpretation of polynomial regression analysis results and aero-dynamical performance according to different environmental parameters and requirements for aircraft exploitation. Comparing to the diagram, nomogram is mathematical model which presents dependencies of more than two variables, with capability to connect it selves with other nomograms in complex system what gives us mathematical model of aero-dynamical characteristic of an aircraft.

The Small Variable Units Technique is efficient method by which nomograms' data can be transferred in polynomial equitation and give us mathematical models of an aircraft performance efficient for real time exploitation with various possibilities for aircraft performance software design according to actual needs and requirements.

The Small Variable Units Technique

If diagram defines relations of two variables, where the one is dependable of another one ($y=f(x)$), the nomogram defines relations among three variables, where the one is resulting and dependable of another two undependable. Mathematical expression of this definition could be presented as following:

$$y = f(x) \wedge f(z)$$

Essentially, the nomogram has three-dimensional nature what is also the biggest problem when it has to be presented in two-dimensional space, like sheet of paper. The solution was found in the way that the first undependable variable can be presented at x-axis, while the cardinal (specific) values of the second one are selected and drown as a series of diagrams or lines with, in most of cases, variable displacement (Figure 1).

The values of the nomogram lines, usually, are forming the polynomial lines (parabolas) which are changing its shape according to the physical lows. Determinations of the polynomial equitation which are capable to describe those laws are the primary task of the data digitalization process. For the purpose of this research MS Excel functions will be used as operational tool.

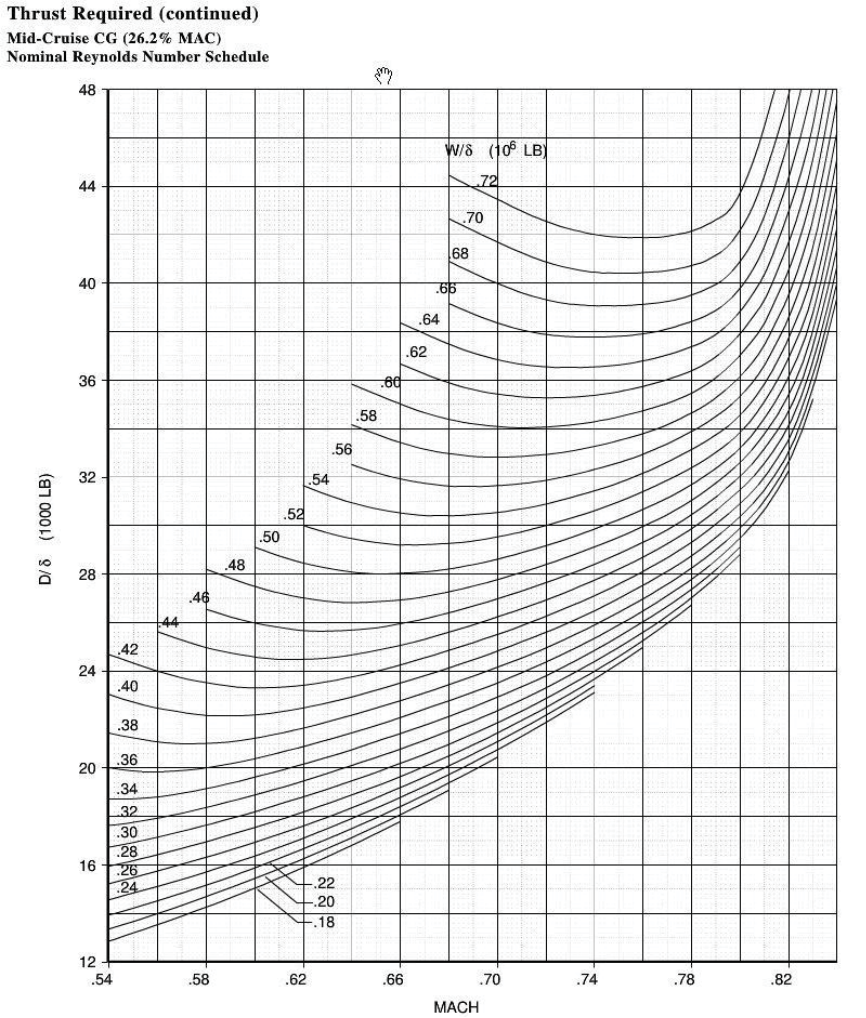


Figure 1

Digitalization of standalone nomogram (three-dimensional) case

The small units with the variable length which are reflecting the variations of the bordering polynomial lines are the core of this technique.

For the successful digitalization process geometrical characteristics of the nomogram polynomial lines have to be carefully evaluated and concrete action plan must be defined, before the digitalization technique should be applied. This can be accomplished if we make the table with data from the nomogram polynomial bordering lines and form the nomogram lines area (Figure 2).

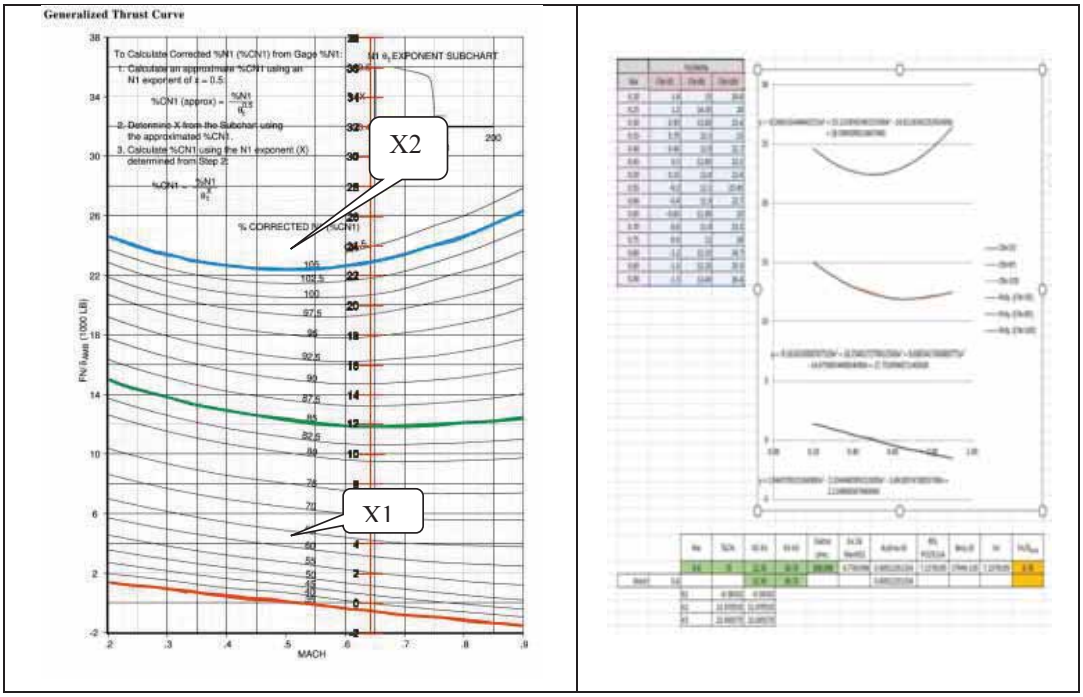


Figure 2. Nomogram importation in Excel

For the nomogram bordering lines the polynomial expression can be defined by the Microsoft Excel "Add Trendline" function, and the polynomial formula looks like this:

$y = 2{,}044578515166900x^3 - 2{,}334446599152630x^2 - 3{,}661857478033760x + 2{,}214866587660640$

Next step implies the relations definition between the resulting values of the function (dependable variable) and the second undependable variable. This can be established if separate table is made with the values of the cardinal lines for the specific value from the x-axis.

When the "y-z" diagram is formed, the law of the polynomial lines displacement variable can also be defined by the "Excel Add Trendline" function (Figure 3).

The third step includes polynomial lines amount calculation that the digitalized nomogram will include. If the characteristic value from x-axis enters two polynomial bordering lines formulas the difference between resulting values will be the length of the straight line between the X2 and X1 points. If this straight line is divided with infinity number the absolute precision of the techniques will be achieved and possibility to calculate the values of nomogram with infinite decimal places will be achieved.

However, with the more pragmatic approach, due to practical use, resulting straight line between bordering points could be divided with determined large number (Precision factor like 100.000) which will define the final value of the small unit that could be used in following calculations with required level of approximation. As we "walk" through the domain on the x-axis the length of the small unit will be changed and ruled by the parallel point of the nomogram bordering lines, what gives us "The Small Variable Unit".

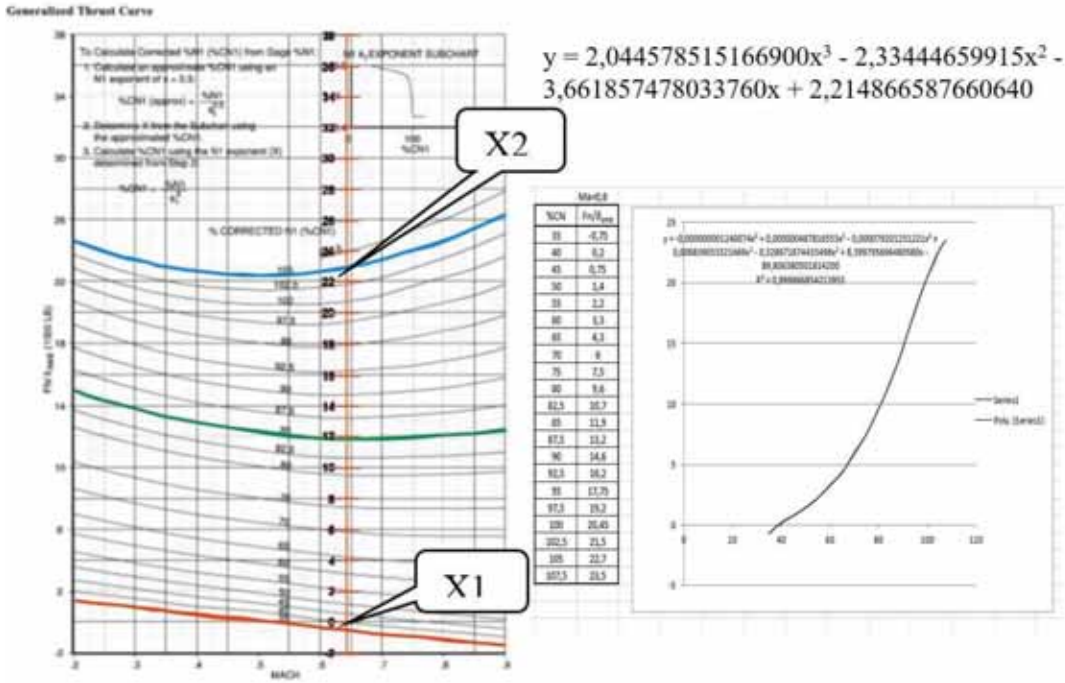


Figure 3. Polynomial lines displacement calculations

The fourth step implies the straight-line length calculation for the characteristic second independent variable values. The polynomial formula, defined in step two, can determine the position of the point, for the characteristic previously defined x-axis value that exactly one and required parabola is passing through. If the length of this straight line is divided by the length of the Small Variable Unit, the result will be the number of the small unit for the required value of the variable two. Multiplication of the Small Variable Unit value or number with its length for the required value from the x-axis domain will produce the set of points and exact shape of the required polynomial line.

		Ma	%CN	X2-X1	X3-X2	Faktor prec.	Kx ZA Ma=052	dužina JD	REL POZICIJA	Broj JD	Xn	Fn/δ_{amb}
		0.6	73	12.35	10.73	100,000	6.7765998	0.00012351554	7.1576195	57949.139	7.1576195	6.78
Mach	0.6			12.35	10.73			0.00012351554				
		X1	-0.38102	-0.38102								
		X2	11.970535	11.970535								
		X3	22.695575	22.695575								

Figure 4. Nomogram data digitalization calculator

System of nomograms digitalization (multi-dimensional case)

As a difference, in this case there are three undependable entering variables which are related to the fourth resulting dependable one, what mathematically can be presented as:

$$y = f(x) \wedge f(z) \wedge f(k)$$

In this case, the values of the first variable are shown at x-axis, while another two are defined as the specific cardinal values. Practically in this situation result is expressed as the series of connected nomograms according to the list of specific values of the third variable.

In digitalization process every single nomogram will be separately digitalized in Excel in the way that for the same entering values of the first and second entering variable the result will be the set of data for all specific values of the third variable.

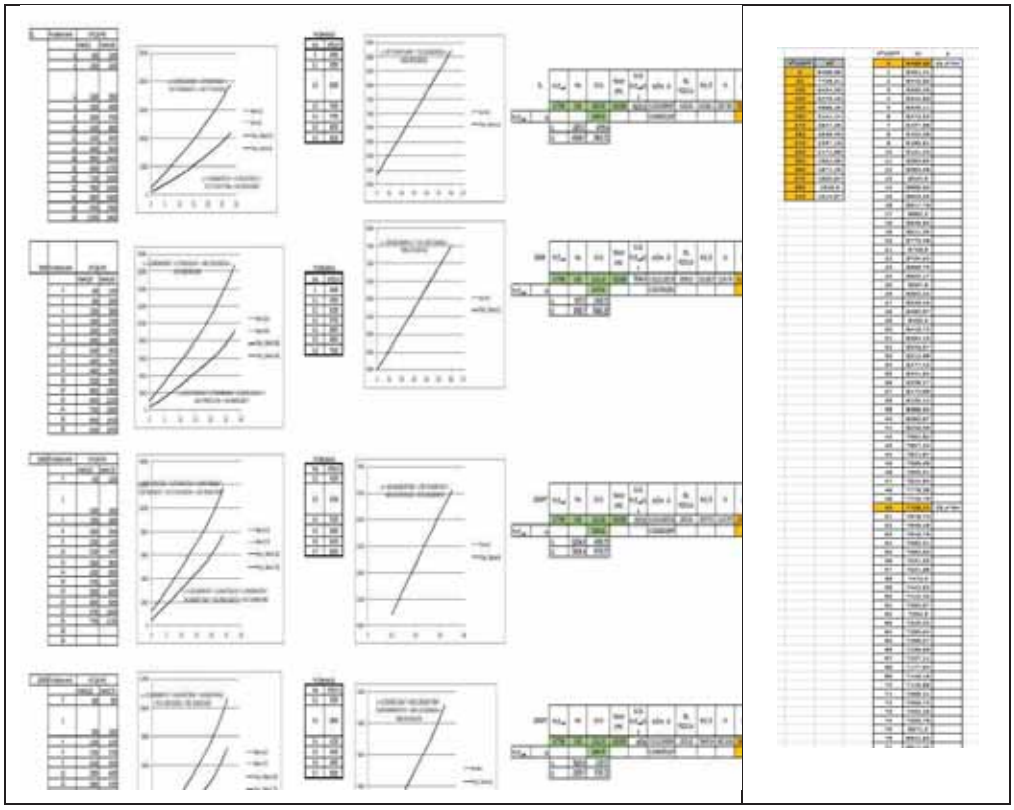


Figure 5. System of nomograms and the dynamic database.

The characteristic Data Base table will be formed from the resulting set of data, which will be stretched out in a spectrum of resulting values for the appropriate level of decimal places (or decade units) of the third entering variable. The values between the resulting data will be proportionally filled and the specific resulting dynamic data base will be formed. The Excel "VLOOKUP" or "HLOOKUP" functions will be used to search dynamic database according to the requested criteria of the third entering variable.

Small Variable Units Technique approximations control

Aside of the fact that SVUT digitalization technique is very precise it also allows the control of approximations and errors which can be made during the process, due to various reasons. Using the "IF/AND" Excel functions every domain of the entering variables can be divided at maximum six separate co-domains. This implies that every single nomogram's three-dimensional space could be divided to the maximum of the separately digitalized 36 parts, in case that «MS Excel» is used as tool for calculations.

The second way of approximations control technique implies that set of testing data will be formed by which the level of resulting data deviations will be determined. According to the

deviations data the correction function will be defined and the corrections will be in-calculated in the final results.

Mathematical model of an aircraft performance parameters calculator

Essentially the mathematical model of an aircraft performance can be defined as list of mathematical expressions which can transform various numbers of entering data in required number of results and physical values which are necessary for the analysis.

Mathematical model of an aircraft performance parameters calculator has multilayer nature and cover different levels of calculations:

1) **The level of entering parameters transformation and correction –** which covers transformation of entering data (Ma, H, W, TAT) and its physical values in required values which will be used in further calculations.
2) **The level of indirect physical values calculations –** which implies entering data required by mid-calculations basically referred to defined real atmosphere model.
3) **The level of direct indicators calculations** – which covers the relations between the system of mathematical formulas and the entering and mid-calculated data which gives the set of resulting parameters required for the performance analysis.
4) **The level of the reference and real model calculations –** which will provide set of information data for the precise and complete performance indicators analysis.

In practical application of this technique an algorithm of required aircraft performance data will be defined (Figure 6.), and transformed in actual system of connected calculations (Figure 7.).

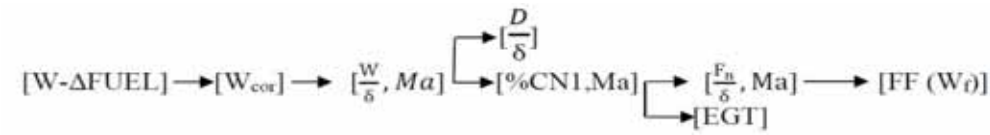


Figure 6. Performance data calculations algorithm.

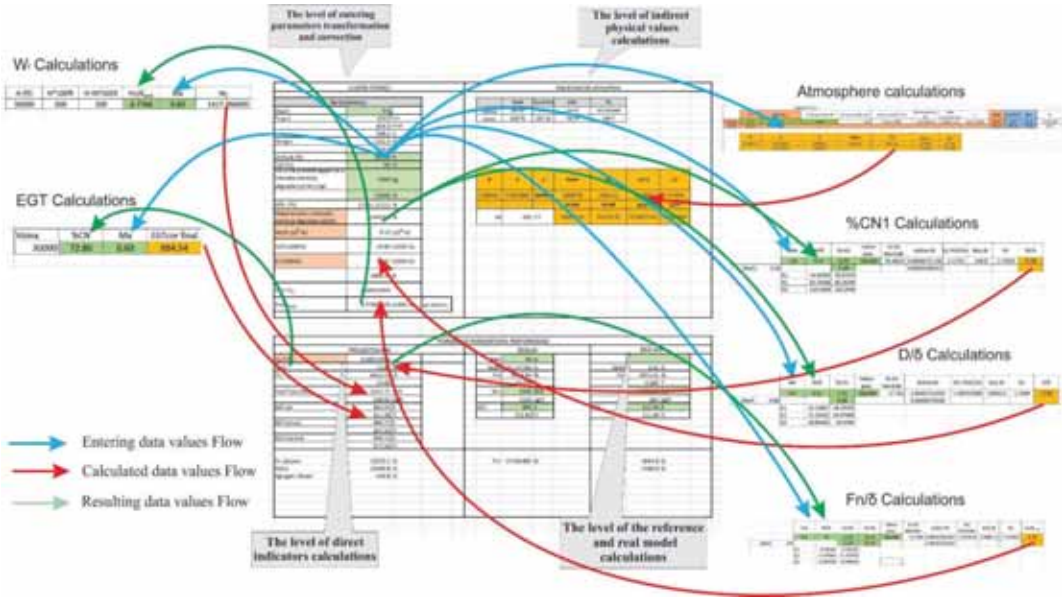


Figure 7. Mathematical model of aircraft performance data calculated in Microsoft Excel.

Conclusion

Energy efficient aircraft performance is corner stone of U-Space ATM development. Digitalization of aircraft nomograms and other experimental and testing data will provide further improvement of concepts and solutions in aircraft aerodynamical design.

In combination with time-based navigation, digitalization of aerodynamical characteristic will be a step forward to introduction of Continuous Climb and Descent Trajectories, as the most optimal one.

As U-Space will be relatively smaller air-space volume, compared to the actual ones used for general traffic, with relatively short en-route phase, digitalized aircraft performance with time-based navigation could provide environment for spherical or parabolic ATM system development, as a solution for requirements of dynamic U-Space air-traffic.

References

P. D. MIROSAVLJEVIĆ, Digitalization of aircraft performance nomograms / PETAR D. MIROSAVLJEVIĆ, DORĐE I. PANTOVIĆ, RADOMIR M. MIJAILOVIĆ / Aircraft Engineering and Aerospace Technology Volume 90 Number 5 / ISSN 0002-2667 / 2018.

V. MILOŠEVIĆ, Time based separation model in high density U-space traffic environment /V. MILOŠEVIĆ, M. VASILJEVIĆ / TTTP –Traffic and Transport Theory and Practice Vol 7 No 2 /ISSN: 2490-3477 / UDC: 623.746-519:658.286 / Dec, 2022;

M D'OCAGNE / Sur la résolution nomographique des équations algébriques / MAURICE D'OCAGNE / Nouvelles annales de mathématiques 4e série, tome 2 / p. 49-57 / 1902.

N. R. DRAPER, Applied Regression Analysis / NORMAN R. DRAPER, HARRY SMITH / Wiley / New York 1998.

Mirjana Vasiljević, Master of Science MSc, Air traffic controller, Air Traffic Engineer, State Service

Vladimir Milosević, Master of Science MSc, Pilot, Air Traffic Engineer, State Service

Nenad Kapor, PhD, Dean of the Faculty of Civil Aviation, Megatrend univerzitet, Beograd

Al-Mamoori Mousa[1]
Dragan Vasiljević[2]
Julijana Vasiljević[3]

Originalni naučni rad
UDK 004.413.2:711.143

TIME BASED NAVIGATION IN U-SPACE ENVIRONMENT

Brief Annotation

Time Based Navigation Mathematical model is a navigational tool which allows instant management of distance, speed and time on different and more effective way.

Time is a kind of specific imaginary dimension which describes real life dynamicity. Most efficient tool for time measuring, which precisely represents nature of time, is a circle with angles inside, well known as «clock». Time Based Navigation Mathematical model is only different way of use of this measuring tool where every aircraft on its route has precise navigational time clock for accurate destination arrival.

Implementation of this model can offer higher level of navigational precision in longitudinal and lateral domain, effective speed correction calculations and management in time domain, constant identification and recalculation of total time error and can be used as safety net tool to define conflicts in air traffic…

Time Based Navigation Mathematical model can be used as efficient tool in many other aspects of life and science.

Keywords: Digitalization, propulsion, aircraft, U-Space, Electrification, ATM, environmental friendly, zero emissions, arrival management, artificial intelligence.

Introduction

Technical development of the 21st Century has brought vast of different business models and need for more efficient and effective methods for general, private and cargo air transportation. Following recent developments in the air traffic domain some main processes and development areas can be identified as:

- Digitalization of air navigation and air traffic management with the future involvement of artificial intelligence, as augmentation of actual processes and procedures.
- High Altitude Operations («HAO») with high speed, high power propulsion aircrafts or low speed, low power propulsion aircrafts.
- Further development of vertical take-off and landing capability of aircrafts with quadricopter configuration.
- Introduction of «U-Space» as air space class and need for intensive and effective personal and commuter air-transport for urban areas.
- Introduction of ultra-light composite materials for aerodynamically high efficient aircrafts.

[1] doktorand na Evropskom univerzitetu Brčko distrikt
[2] Pan-European University "Apeiron", Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, Europe
[3] Pan-European University "Apeiron", Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, Europe

- Electrification of aircrafts propulsion systems with the aim to achieve more environmental friendly and zero emissions standards.

All those developments require intelligent Air Traffic Management (ATM) system with more efficient methods for air navigation, aircraft separation and effective real time administration of air operations with intensive data exchange and sharing.

Actual ATM system for general transportation (GAT) has proved its value as very robust and safe but it has many characteristics that have to be changed or adapted in order to introduce solutions from mentioned development areas.

«U-space» is the most ATM demanding domain due to projections of intensive future air traffic in significantly small air space volumes over urban areas what will arise following issues which have to be taken into account:

- Air safety solutions of actual ATM system are based on large buffer volumes which are space demanding.
- Separation methods are based on vertical and lateral separation with complex methods of longitudinal or time separation models which are not jet developed to the level of practical use.
- Navigation precision is calculated according to the sum of errors that are generated due to various reasons without or with weak models for their correction, and basically total navigational error only classify navigation method on different types (PBN, precision or non- precision approach).
- Procedures for approach and landing are consuming large areas of space volumes and specialized ATM services need to handle those operations.
- With increase of number of air operations in relatively short period of time actual ATM procedures and methods became more complex and more energy demanding for aircraft propulsion systems with extension of time needed for actual flight of an aircraft (e.g. holding procedures).
- Digitalization of air navigation models require complex and weight demanding IT and communicational ground and airplane on-board equipment.
- Variety and quantity of data that have to be processed and exchanged are time and capacity demanding what increase latency and bandwith of real-time data exchange.
- Arrival management (AMAN) has significantly short horizon for arriving traffic and air traffic planning and management models are overloaded with rapid increase of traffic.

Following previously mentioned issues intelligent U-Space ATM system has to fulfill different requirements and has to be capable to develop:

- Navigation model with full precision in all four domains (altitude, lateral, longitudinal and time navigation) with automatic navigational error calculation and management.
- Aircraft separation models need horizontal separation as primary method and vertical separation as additional procedure.
- Energy efficient «Direct-to» and «On-Spot landing» ATM procedures with possibility to use charging mode of engines during the descend, arrival and landing phases of flight.

- Simple and safe methods for high intensity air traffic management in relatively small air volumes.
- Seamless AMAN with extended time horizon for real time air space and ATC capacity planning up to departure and pre-departure phases of air operations.
- Small weight footprint of ground and onboard IT, COM and NAV equipment and small data exchange footprint for U-Space ATM network.

Summarizing everything mentioned U-Space environment require robust model of time based navigation which is capable to cover all main previously mentioned issues and fully use already introduced achievements in ATM and COM domains.

Basic Mathematical Model for Time based navigation

Idea of Basic Mathematical Model (BMM) comes from theoretical principle of speed correction value which is related to the available of time up to «Destination point», which says that:

> «Correlating the speed correction value in function with the available time till the destination point (correction time), the resulting speed correction has tendency to infinity as the time for the correction goes toward zero, and vice versa if correction time goes toward infinity.»

Practical implementation of this principle says that, in moment when some delay on route is identified, the speed correction for that delay has some value and that value grows as the correction time toward certain destination leaking out.

Mathematical Model for Time based navigation is a mathematical description of this principle and Time Distance Angle (TDA) is the core of the model which represents the nature of time and speed corrections as an aircraft flies toward destination point. The value of TDA is growing up over the time and it has the value of 180 degrees on the destination point simulating infinite value of speed correction at zero moment of correction time. Calculations of TDA are based on basic geometry of circle and proportion of pages and angles in triangle and basic geometry of TDA is presented on figure 1.

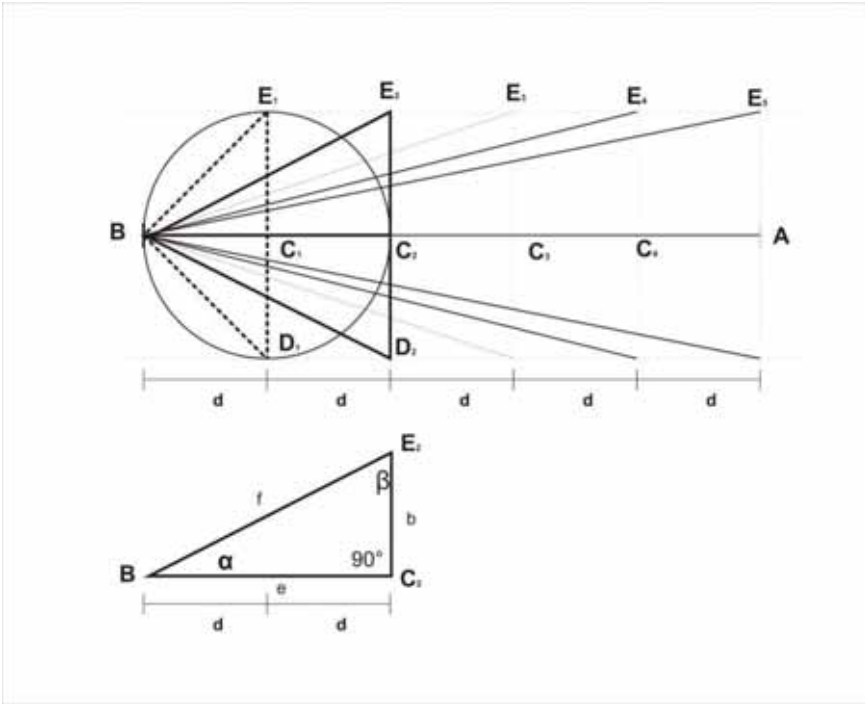


Figure 1.

Mathematical model uses a situation of aircraft trajectory from point A to point B and on that trajectory point $C_1$is marked as position of an aircraft. A circle with center in point C_1 with radius d, which refers to the distance of BC_1=d, defining points E_1 and D_1 orthogonally to the aircraft speed vector and the connections of points E_1, B, D_1 will produce the angle of 90° ($\sphericalangle E_1BD_1$).

Defining distance d as distance that an aircraft will fly in time period of one minute implies that the angle $\sphericalangle E_1BD_1$ will go from 90° till 180° in time of one minute. Doing the same thing at point C_2 implies that value of angle $\sphericalangle E_2BD_2$ refers to the time period of two minutes. Extracting $\triangle E_2BD_2$ triangle, the page BC_2 (page e) refers to the page E_2C_2 (page b) in proportion of 2:1. This means that the angles β and α are also in proportion of 2:1 what gives us the value of angle α of 30°. As the angle α is exact one half of angle $\sphericalangle E_2BD_2$ than we can conclude that two minutes before the end of aircraft trajectory the angle that connect points orthogonally defined to the aircraft speed vector at the distance that refers to two minute of flight will have value of 60°. In further text this angle will be called Time Distance Angle (TDA) and distance «d» will be called Time-Distance Value (TDV). Same logic will be applied to all other points from C_2 till C_5 and value of TDA angle will be calculated by formula:

$$TDA = 2 * \frac{90^0}{(n_d + 1)}$$

$$n_d = | \, t_{[min]} \, |$$

Value of n_d refers to the absolute value of number of minutes till the end of trajectory. This formula allows TDA calculations from the beginning of aircraft trajectory.

In real situations during the actual flight, using the same Time-Distance Value (d) at real GNSS position related to position of a Destination Point, the Real TDA will be formed and compared with projected (required) TDA for exact moment of time what defines actual delay or overtime what is expressed as value of Total Time Error (TTE), at figure 2.

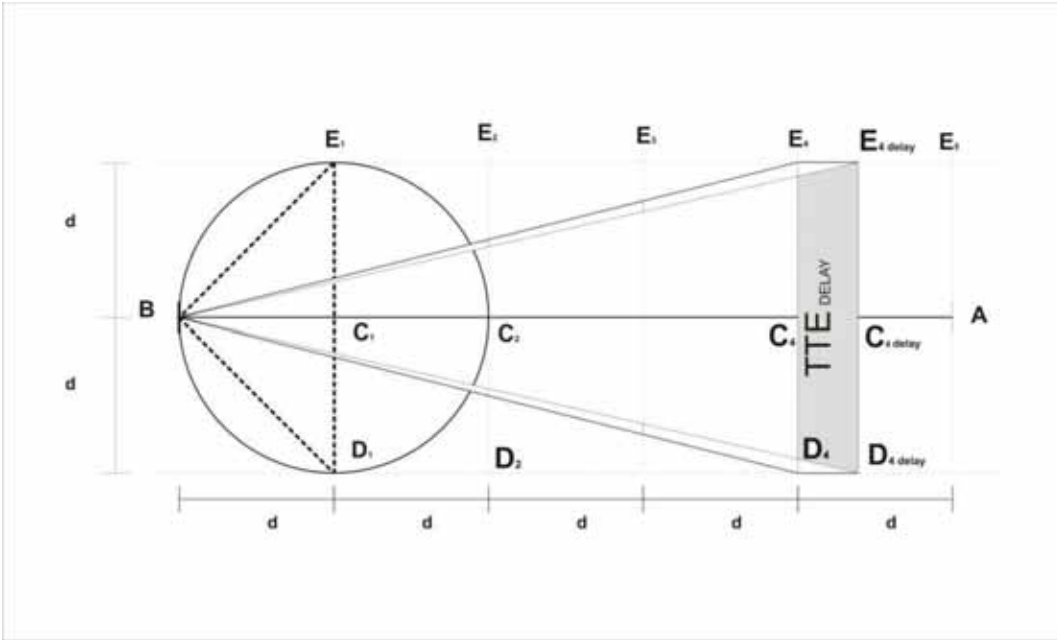


Figure 2.

TTE Correction - Air and Ground Speed Correction Algorithm

If TTE is identified at early stage of flight the correction by the speed is possible. Any kind of delay at moment C_2 produces aircraft's position C'_2 and lover value of Real TDA angle compared to the Projected TDA. Measuring distance C'_2 and E'_2 which will be new Time Distance Value (TDV' or «d'- d prim»).

The figure 3 shows that triangles ΔE_2BC_2 and $\Delta E'_2BC'_2$ are similar with same angles and proportional triangle pages, what means that,

$$BE_2 : E_2C_2 = BE'_2 : E'_2C'_2$$

Focusing on TDV' and that it jointly represent time and distance, it can be also used as intensity of speed vector expressed in distance (Nm or km) per minute, and if we multiply it by 60 we

will get the required «corrected or calibrated» speed (in knots or km/h) for the accurate time arrival to the Destination Point.

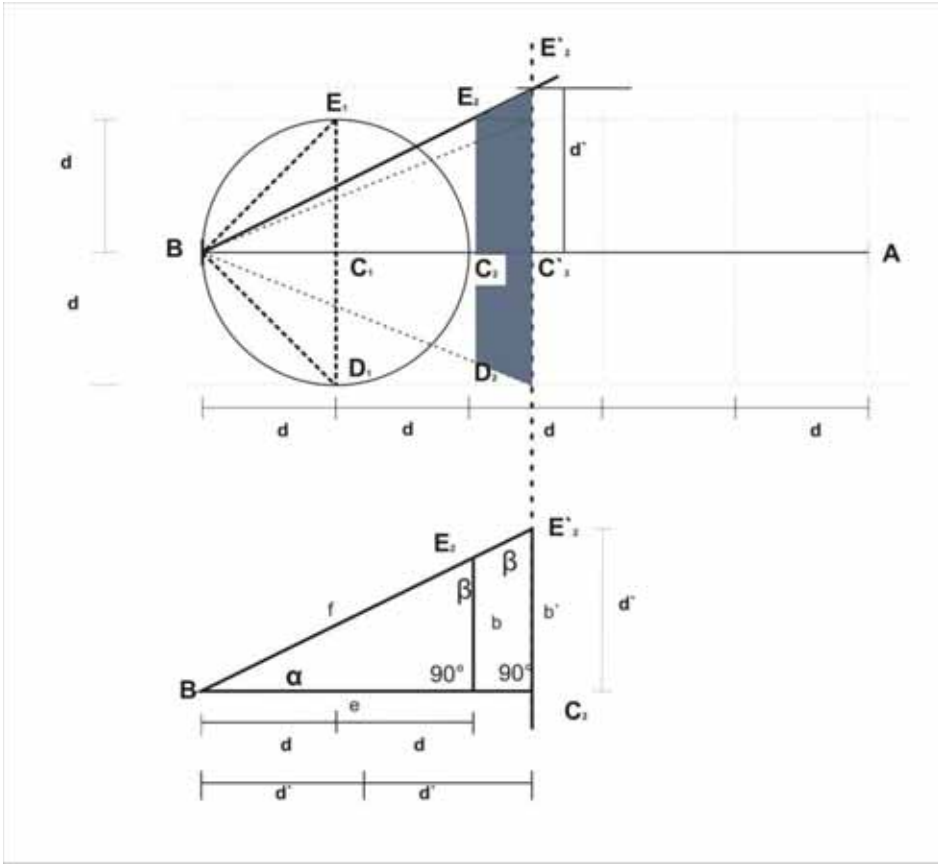


Figure 3.

Basic ATM Operational Concept Principles of TDA

In real life TDA construction method can be used for projection of new navigational marker on the cockpit NAV screen as efficient ground speed manipulation tool followed with real time speed correction calculations. Basically the crew main task will be to keep required and real TDA marker joined together, using real time speed correction calculations what is described on figure 4.

This model also provides very convenient environment for the use of artificial intelligence and automation of all Time Based Navigation processes, where the position and addresses of marker's pixels on the screen could be compared and used in decision making processes.

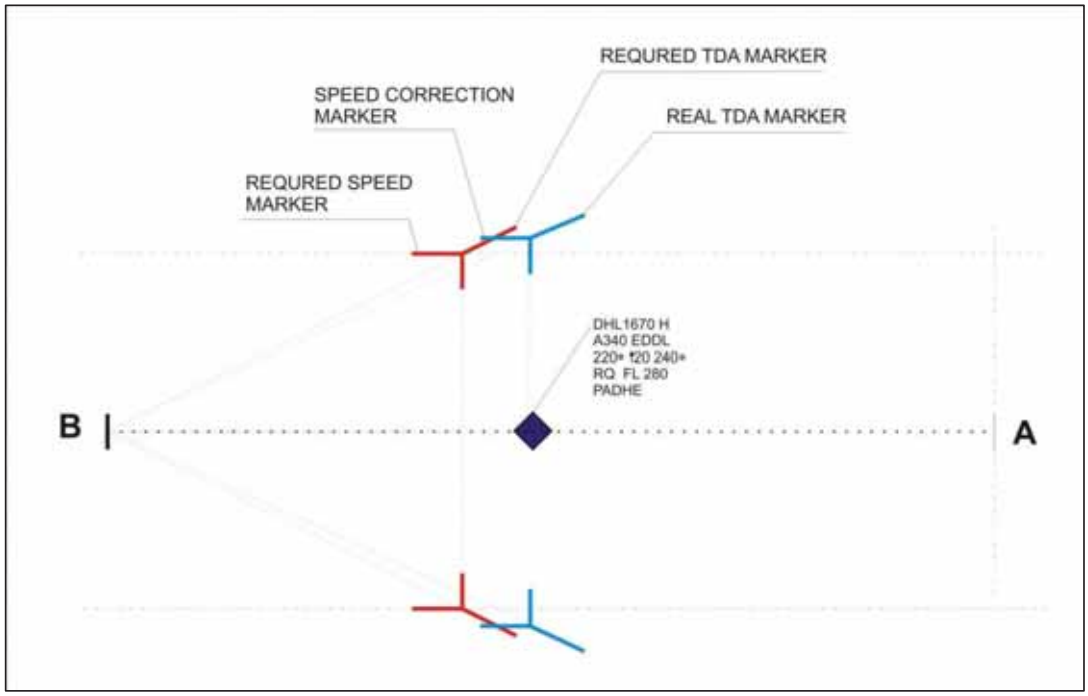


Figure 4.

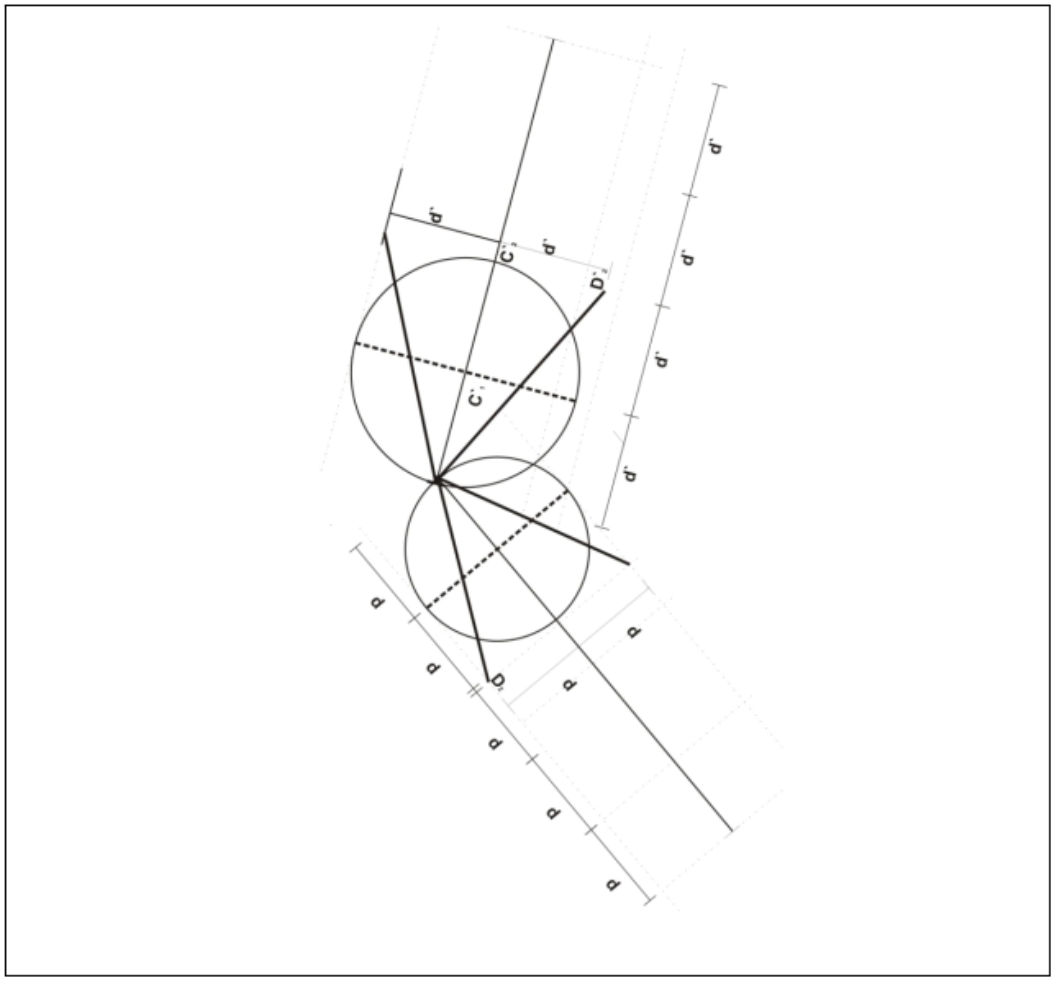
Different applications of Basic Mathematical Model for Time based navigation

Using the same logic from figure 3 we can construct the algorithm for early ATM conflict identification for the ATC management. If we have two different aircrafts at the same moment of time which are flying toward the same Destination Point with different distance and different speed but the same Time Distance Angle then we have conflict situation in very high probability.

In this situation the TDA mathematical model acts as Early Warning ATCO Decision Support Tool as it is capable to warn on a conflict situation even at the beginning of en-route or even after take-off.

Having in mind that only the value of TDA is used as element of conflict detection it can be applied as conflict detection filter of the whole network and even in a flight planning phase as robust ATM Capacity Flow Management Tool.

Also the same logic can be applied as on-board early warning conflict detection tool what will support crew management and increase efficiency of time based operation negotiation process.


d'
d'
d'

- Allows construction of «Direct-to» and «On-Spot landing» ATM procedures.
- Harmonize air traffic and provide environment for energy efficient ATM procedures.
- In combination with other aircraft performance management tools can provide environment for Continuous Climb and Descent Operations.

Conclusion

Time Based Navigation Mathematical model is a navigational tool which allows instant management of distance, speed and time on different and more effective way.

Time is a kind of specific imaginary dimension which describes real life dynamicity. Most efficient tool for time measuring, which precisely represents nature of time, is a circle with angles inside, well known as «clock». Time Based Navigation Mathematical model is only different way of use of this measuring tool where every aircraft on his route has precise navigational time clock for accurate destination arrival.

Apart from the mentioned applications, Time Based Navigation Mathematical model can be used as efficient tool in many other aspects of life and science.

References

V. MILOŠEVIĆ, Time based separation model in high density U-space traffic environment / V. MILOŠEVIĆ, M. VASILJEVIĆ / TTTP –Traffic and Transport Theory and Practice Vol 7 No 2 / ISSN: 2490-3477 / UDC: 623.746-519:658.286 / Dec, 2022;

EUROCONTROL, U-space Concept of operations / EUROCONTROL CORUS/ Vol 1 /2019;

AIRBUS, Blueprint for the sky - The road map for the safe integration of autonomous aircraft / Airbus LLC / 2018;

AMAZON, Revising the Airspace Model for the Safe Integration of Small Unmanned Aircraft Systems / Amazon / 2015;

R. SHRESTHA, 6G Enabled Unmanned Aerial Vehicle Traffic Management: A Perspective / R. SHRESTHA, R. BAJRACHARYA and S. KIM / IEEE Access, 2021;

H. GONZÁLEZ-JORG, Unmanned Aerial Systems for Civil Applications / H. González-Jorge, J. Martínez-Sánchez, M. Bueno and P. Arias/ MDPI/ 2017.

Prof. dr Radenko Đurica[1]
Doc. dr Darko Vaselić[2]
Mr. sci Gorana Tomanović[3]

Originalni naučni rad
UDK 007.52:[663/664:658.562.6

VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA U FUNKCIJI UNAPREĐENJA KONTROLE HRANE KONTAMINIRANE MIKOTOKSINIMA

Sažetak

U životu čovjeka uloga hrane je višestruka, a pored ostalog, ona ima gradivnu, energetsku i zaštitnu ulogu. Hrana ima i značajnu socijalnu ulogu, jer je kvalitetna i uravnotežena ishrana jedan od osnovnih preduslova socijalno prihvatljivog ponašanja, visoke radne sposobnosti i produktivnosti. Pod pojmom kvalitet namirnica podrazumjeva se skup bitnih svojstava koji utiču na njenu upotrebljivost u ishrani ljudi.U svim zemljama se propisuju uslovi kvaliteta i bezbjednosti namirnica kroz odgovarajuće propise na nacionalnom nivou (zakoni, pravilnici i standardi).
Hrana pod određenim uslovima može biti kontaminirana različitim agensima koji potiču od uslova pod kojim je proizvedena sirovina (primarna proizvodnja – vazduh, voda, itd), od uslova prerade (namjerna ili slučajna kontaminacija), kao i od uslova pripreme za konačnu upotrebu. Vještačka inteligencija bi trebala da odigra veoma značajnu ulogu u kontroli namirnica za ljudsku upotrebu na relaciji od njive do trpeze, jer bi mnoge operacije gdje se koriste zastarjele tehnike skupa radna snaga, skupi visokoobrazovani kadar, a uz to vještačka inteligencija bi trebala pokazati veću preciznost mjerenja pojedinih parametara (hemijskih, mikrobioloških, radioloških) i skraćenje vremena nepotrebnih procedura. Uz upotrebu vještačke inteligencije imali bi veću zdravstvenu sigurnost, kvalitetniju hranu i lagodniji život.

Ključne riječi: Vještačka inteligencija, hrana, kontrola, toksin, zdravstvena ispravnost

ARTIFICAL INTELLIGENCE IN FUNCTION OF FOOD CONTROL IMPROVEMENT IN CASE OF FOOD CONTAMINATED WITH MYCOTOXIN

Abstract

In human life food plays multiple functions, and among others, food has energetic and developemental and protective role as it has important social role, because balanced and qualitative nutrition is one of the preconditions of social appropriate, high working performance and productivity. Under the term of food quality we understand set of vital properties which influence food use in human nutrition. In all states there are prescribed contitions of quality and security of groceries through appropriate regulations on national level (law, manuals, and standards).Under certain conditions food can be contaminated under different sorts of agenses in food production environment in preproduction stage (primary production – air, water, etc.) of food processing (intentional or accidental contamination), as

[1] Visoka škola strukovnih studija za menadžment i poslovne komunikacije, Beograd
[2] Univerzitet za poslovni inženjering i menadžment Banjaluka
[3] Republički fond za zdravstveno osiguranje Beograd

conditions for processing for final use. Artifical intelligance should play an important role in food control on plantation – table relation, because many operations which include oudated technologies, expensive work force and expensive high-educated staff can be replaced and by the way artifical inteligance should show more precision measurement of some parameters (chemical, microbiological, radiological) and time reduction of redudant procceses. By use of artifical intelligance we should accomplish better health security, food quality and better life.

Keywords: Artificial intelligence, food, control, quality, toxin, health safety

UVOD

U životu čovjeka uloga hrane je višestruka, a pored ostalog, ona ima gradivnu, energetsku i zaštitnu ulogu. Hrana ima i značajnu socijalnu ulogu, jer je kvalitetna i uravnotežena ishrana jedan od osnovnih preduslova socijalno prihvatljivog ponašanja, visoke radne sposobnosti i produktivnosti.

Pod pojmom kvalitet namirnica podrazumijeva se skup bitnih svojstava koji utiču na njenu upotrebljivost u ishrani ljudi (Mirić i Šobajić, 2002). U cilju zaštite zdravlja ljudi i obezbjeđenje njihove pravilne ishrane, kao i sprečavanja falsifikovanja namirnica manje vrijednim sastojcima, vrši se kontrola njihovog kvaliteta.

U svim zemljama se propisuju uslovi kvaliteta i bezbjednosti namirnica kroz odgovarajuće propise na nacionalnom nivou (zakoni, pravilnici i standardi). Prehrambeni proizvodi moraju da zadovoljavaju norme tih propisa da bi mogli da se stave u promet i koriste u ishrani ljudi.

Na zdravlje čovjeka negativno djeluju strane supstance koje u organizam mogu dospjeti preko zagađene hrane i vode.

Namirnice i stočna hrana predstavljaju odličan supstrat za razvoj plijesni. Pljesnivost hrane i stočne hrane su česte pojave, pa su velike i mogućnosti unošenja toksina koje one stvaraju (mikotoksina) u organizam (Đilas i saradnici, 2000).

Mnoge studije pokazale su da se zdravstveno stanje stanovništva u svijetu ne poboljšava i pored značajnog napretka u mnogim naučnim oblastima, a jedan od značajnih uzroka ove pojave je neadekvatna količina hrane i njen nepovoljan sastav, kao i sve češća zagađenost namirnica.

Hrana pod određenim uslovima može biti kontaminirana različitim agensima koji potiču od uslova pod kojima je proizvedena sirovina (primarna proizvodnja – vazduh, voda, itd), od uslova prerade (namjerna ili slučajna kontaminacija), kao i od uslova čuvanja i pripreme za konačnu upotrebu. Kao veoma česti kontaminanti hrane u posljednje vrijeme sve više se javljaju mikrobiološka zagađenja uzoraka uzrokovana prisustvom određenih mikroorganizama koje produkuju egzo i endo toksine, a među njima poseban značaj imaju plijesni koje produkuju mikotoksine (Hopmans i Marphy, 1993).

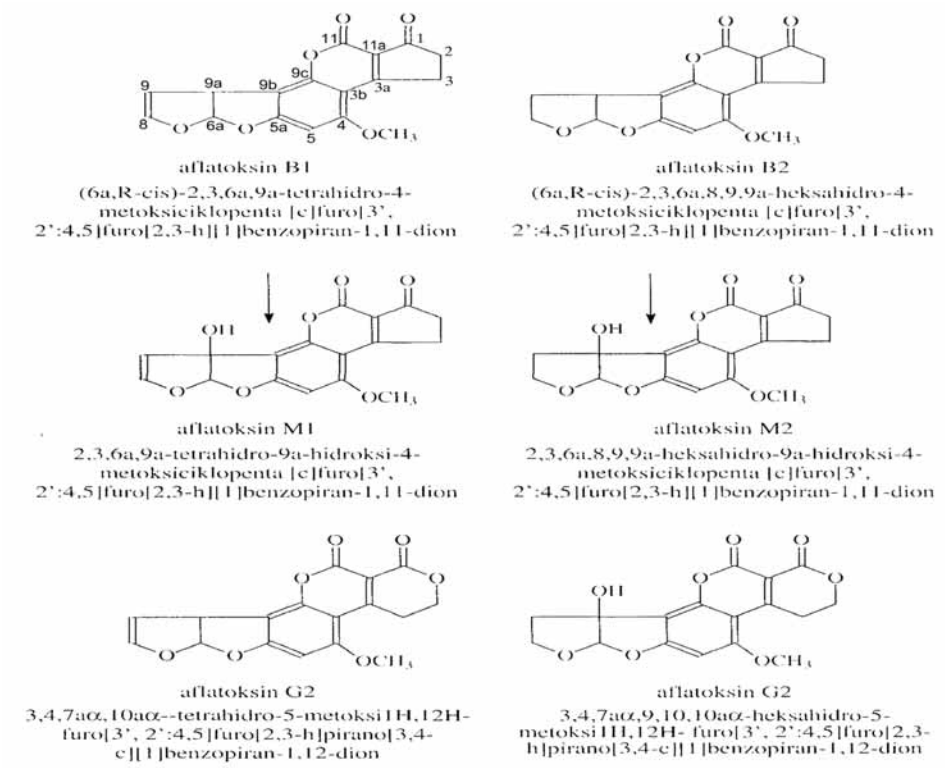
MIKOTOKSINI

Mikotoksini imaju izuzetno veliki značaj zbog svoje toksičnosti koja se najčešće izražava kao akutna, ali i kao potencijalni uzrok nastajanja mutagenosti i karcinoma (Mirić i Šobajić, 2002). Otuda je analitika mikotoksina izuzetno značajna u kontroli zdravstvene ispravnosti hrane i ovom problemu u svijetu se posvećuje izuzetno veliki značaj.

Iako u organizam čovjeka mikotoksini mogu dospjeti na različite načine, najvažniji uzrok kontaminacije je konzumiranje namirnica. Nažalost, zbog izuzetno velike toksičnosti pri minimalnim koncentracijama mikotoksini u namirnicama ne mogu da se određuju putem senzornih i hemijskih metoda analize, već je za njihovo određivanje neophodno primijeniti visokoselektivne i visokoosjetljive instrumentalne metode analize (Marjanović i Krstić, 1998).

Postignuti su značajni uspjesi u svrhu obezbjeđenja dovoljnih količina hrane u svim dijelovima svijeta, zahvaljujući rezultatima istraživanja agronoma, genetičara, ljekara, tehnologa, hemičara, biologa i drugih stručnjaka. Međutim, povećanje količine proizvedenih namirnica otvorilo je druga pitanja vezana za očuvanje njihovog kvaliteta i prisustva stranih supstanci koje mogu da ugroze zdravlje ljudi. Stručnjaci koji rade u oblasti ocjene zdravstvene bezbjednosti namirnica smatraju da je pojam apsolutno zdrave i nekontaminirane hrane nerealan, ali su tendencije u svim razvijenim zemljama svijeta da se primjenom savremenih naučnih saznanja u proizvodnji i kontroli namirnica mogući rizici prepoznaju i svedu na najmanju moguću mjeru (Grujić, 2000). Pod higijenski neispravnim namirnicama podrazumijevaju se one koje su zagađene patogenim mikroorganizmima (biološka kontaminacija) ili sadrže otrovne sastojke (pesticidi, antibiotici, hormoni, mikotoksini) u količinama koje mogu biti štetne po zdravlje ljudi i označavaju se kao hemijska kontaminacija (Đarmati, 1985).

Prisustvo i štetan uticaj mikotoksina kao prirodnih kontaminanata hrane poznati su dugi niz godina. Ova jedinjenja predstavljaju sekundarne metabolite plijesni koji imaju toksično dejstvo kako na ljude, tako i na životinje. Mikotoksini su organske supstance koje ne izazivaju stvaranje antitijela, te su ljudi i životinje trajno nezaštićeni od njihovog djelovanja. Neke plijesni su u stanju da produkuju više vrsta mikotoksina, a takođe se i pojedini mikotoksini javljaju kao produkti nekoliko vrsta plijesni. Najčešće zastupljeni mikotoksini su oni koje produkuju plijesni: *Aspergilus sp., Pennicilium sp. i Fusarium sp.*,čiji su najrasprostranjeniji sekundarni metaboliti kod nas iz grupe aflatoksina, ohratoksina, trihotecena i zearalenona (Mirić i Šobajić, 2002). Štetno djelovanje mikotoksina se ogleda u izazivanju kancerogenog, teratogenog, hepatotoksičnog, nefratoksičnog i dermatotosičnog efekta kod većine životinja i ljudi. Imajući u vidu toksično djelovanje ove grupe jedinjenja, kao i ekonomske gubitke nastale kao posljedice kontaminacije plijesnima, mikotoksini danas predstavljaju jedan od vodećih problema u oblasti ishrane ljudi i životinja. Koncentracije mikotoksina su najčešće vrlo niske, a matriks je vrlo složen, što uzrokuje analitičke probleme prilikom njihovog kvalitativnog i kvantitativnog određivanja (Ostojin, 2000).



Slika 1. Strukture formule aflatoksina (Mirić i Šobajić, 2002)

MIKOTOKSINI U PRAVNOJ REGULATIVI

U svim zemljama propisuju se uslovi kvaliteta i bezbjednosti namirnica kroz odgovarajuće propise na nacionalnom nivou (zakoni, standardi i pravilnici). Prehrambeni proizvodi moraju da zadovoljavaju norme tih propisa da bi mogli da se stave u promet i koriste u ishrani ljudi.
Pravna regulativa koja je trenutno validna za ovu oblast i koja je osnov za ovaj rad u BiH, odnosno Republici Srpskoj uvažava Pravilnik o količinama pesticida, metala i metaloida i drugih otrovnih supstancija, hemioterapeutika, anabolika i drugih supstancija koje se mogu nalaziti u namirnicama Sl. list SFRJ br. 79/87 (daljem tekstu se navodi kao Pravilnik) kojim su definisane maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK), odnosno sadržaj mikotoksina koji se mogu nalaziti u namirnicama.
Pomenutim Pravilnikom prvenstveno se traži analiza na Aflatoksin (B_1, G_1), Ohratoksin A, Zearolenon i Patulin, gdje su date i MDK vrijednosti u µg/kg koje su u skladu sa najnovijim normativima WHO i EU.

Tabela 1. Propisane vrijednosti maksimalno dozvoljenog sadržaja (MDK) za najvažnije mikotoksine u namirnicama (WHO, 2000)

Mikotoksin	Namirnica	MDK µg/kg
Aflatoksin $B_1 + G_1$	Pšenica, kukuruz, pirinač, ječam i ostala žita	5
	Brašno	3
	Pasulj, grašak sočivo	5
	Lješnik, orah, badem, brašno od kokosa	3
	Pržena kafa, kakaovac, kikiriki	5
	Čajevi	5
	Začini	30
	Meso i proizvodi od mesa	0,5
Aflatoksin B_1	Mlijeko i mliječni proizvodi	0,5
Aflatoksin M_1	Mlijeko i mliječni proizvodi	0,5
Ohratoksin	Mlijeko i mliječni proizvodi i sve namirnice kao kod aflatoksina B_1 i G_1	10
Patulin	Sok od jabuke	50
Zearalenon	Žitarice	1

Zbog niskih MDK vrijednosti za dokazivanje i određivanje mikotoksina neophodno je koristiti instrumentalne metode. Postoje različiti nivoi pouzdanosti i osjetljivosti kod različitih instrumentalnih metoda koje se danas koriste. Visoki standardi u vezi s identitetom i osjetljivosti nalažu upotrebu sve savremenijih instrumentalnih metoda, tako da i razvoj metoda vremenom predstavlja ujedno i podizanje standarda u radu. Danas su za analizu mikotoksina u upotrebi sledeće metode: TLC, ELISA, HPLC-UV-VIS, HPLC-FLD i HPLC-MS.

METODOLOGIJA RADA

Za izvođenje analiza eksperimenata u ovom radu korišteni su slijedeći uzorci: žitarice (pšenica, ječam, raž, ovas, kukuruz), voćni sok od jabuke, kafa, kikiriki, proizvodi od voća (džem i marmelada). Isti uzorci su uzeti iz prodavnica i drugih distribucionih mjesta i to metodom slučajnog uzorka s tim da se vodilo računa da se izaberu proizvodi koji se najviše koriste u ishrani prosječnog potrošača na području RS/BiH, a i o namirnicama koje mogu da budu kontaminirane mikotoksinima.

Kontaminacija (obogaćivanje, spajkovanje) ispitivanih namirnica vršeno je prskanjem vodenim rastvorima mikotoksina na zrnastu namirnicu pomoću prskalice za TLC, tako da su, preračunato na kilogram namirnice, koncentracije bile slijedeće: za Aflatoksin B_1 = 5 µg/kg (za žitarice), za Aflatoksin G_1 = 5 µg/kg (za žitarice), za Zearalenon = 1 µg/kg (za žitarice), za Ohratoksin A = 5 µg/kg (za žitarice) i za Patulin = 50 µg/kg (za voćne sokove i proizvode od voća) što predstavlja MDK vrijednost prema Pravilniku (WHO, 1999). Radi smanjenja gubitaka rasipanjem tokom kontaminacije prskanjem namirnica, mlaz iz prskalice je podešen tako da se formiraju kapljice aerosola većih dimenzija. Ovo je omogućilo da se može smatrati da je gubitak tokom kontaminacije zanemarljiv. Tako kontaminiran uzorak je sušen u sušnici 2^h i potom homogenizovan i odmjeravan za analizu.

U voćni sok je dodata odgovarajuća zapremina Patulina, a zatim je uzorak homogenizovan. Na isti način pripremani su i drugi uzorci sa različitim sadržajem mikotoksina radi provjere ispravnosti vrste ekstrakcije i primjenjene metode analize.

Tabela 2. Pregled rezultata analiza mikotoksina u namirnicama sa tržišta RS/BiH

Uzorak/mikotoksin	Šifra uzorka	Metoda analize	Rezultati µg/kg
Pšenica Aflatoksin B_1, G_1	Uzorak br. 17/3	TLC	+
		ELISA	-
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	0,91
		HPLC MS	0,95
	Uzorak br. 8/4	TLC	+
		ELISA	+
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	1,23
		HPLC MS	1,21
	Uzorak br. 9/11	TLC	+
		ELISA	0,17
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	0,19
		HPLC MS	*
Kukuruz Ohratoksin A	Uzorak br. 5/2	TLC	1,23 (urađeno sa HPLC-FLD)
		ELISA	1,17
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	1,20
		HPLC MS	*
	Uzorak br. 6/2	TLC	2,14 (urađeno sa HPLC-FLD)
		ELISA	2,33
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	3,08
		HPLC MS	*
	Uzorak br. 11/3	TLC	3,72 (urađeno sa HPLC-FLD)
		ELISA	4,09
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	4,17
		HPLC MS	4,15
	Uzorak br. 4/12	TLC	2,3 (urađeno sa HPLC-FLD)
		ELISA	3,11
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	2,91
		HPLC MS	*
Mlinski proizvodi Zearalenon	Namjensko brašno Tip 400 Uzorak br. 13/8	TLC	2,18
		ELISA	2,25
		HPLC UV	2,33
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	*
		TLC	0,15

			(urađeno sa HPLC-MS)
	Integralno brašno Uzorak br. 2/5	ELISA	-
		HPLC UV	0,22
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	0,27
	Griz krupice Uzorak br. 16/5	TLC	1,07 (urađeno sa HPLC-UV)
		ELISA	0,99
		HPLC UV	1,14
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	*
	Pšenične pahuljice Uzorak br. 8/10	TLC	-
		ELISA	-
		HPLC UV	0,14
		HPLC FLD	-
		HPLC MS	0,17
	Brašno Tip 500 Uzorak br. 18/3	TLC	-
		ELISA	-
		HPLC UV	0,19
		HPLC FLD	-
		HPLC MS	*
Kafa Ohratoksin A	Uzorak br. 13/7	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-MS)
		ELISA	0,56
		HPLC UV	069
		HPLC FLD	0,72
		HPLC MS	*
	Uzorak br. 5/12	TLC	+
		ELISA	1,14
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	1,28
		HPLC MS	*
	Uzorak br. 7/9	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-MS)
		ELISA	*
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	1,86
		HPLC MS	1,88
	Uzorak br. 11/4	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-MS)
		ELISA	*
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	0,36
		HPLC MS	*
	Uzorak br. 1/9	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-MS)
		ELISA	*
		HPLC UV	1,18

		HPLC FLD	1,15
		HPLC MS	*
Sok od jabuke Patulin	Uzorak br. 14/6	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-MS)
		ELISA	*
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	2,14
	Uzorak br. 15/4	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-MS)
		ELISA	*
		HPLC UV	0.98
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	3,18
	Uzorak br. 19/5	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-MS)
		ELISA	*
		HPLC UV	2,16
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	*
	Uzorak br. 20/7	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-UV)
		ELISA	*
		HPLC UV	3.12
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	*
Džem Patulin	Uzorak br. 23/9	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-UV)
		ELISA	*
		HPLC UV	2.11
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	*
	Uzorak br. 22/8	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-MS)
		ELISA	*
		HPLC UV	1.98
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	2,14
Voće Patulin	Jabuka Delišes Uzorak br. 12/3	TLC	+ (potvrđeno sa HPLC-MS)
		ELISA	*
		HPLC UV	*
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	3,20
	Kruška Viljamovka Uzorak br. 16/7	TLC	-
		ELISA	*
		HPLC UV	-
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	*
	Grožđe crno	TLC	+
		ELISA	*

	Uzorak br. 26/3	HPLC UV	1.25
		HPLC FLD	*
		HPLC MS	*

VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA

Svijet u kojem danas živimo karakteriše brz naučno-tehnički i tehnološki razvoj, koji permanentnomijenja tempo privrednog i društvenog života. To vrijeme označavamo kao vrijeme tzv."informacijskog društva". Informaciona tehnologija, informacioni sistemi i njihova primjena u okviru poslovnih sistema poslednjih decenija doživljavaju snažan razvoj. Elektronski računari pretvaraju se oduređaja za masovnu obradu podataka u uređaje za informacije. To je ključni momenat koji mijenjasamu suštinu informacionog sistema, a posebno mjesto i ulogu informacionih sistema u poslovnim sistemima

Već prvi rezultati u primeni računara upućivali su na mogućnost računara da preuzme vršenje određenih intelektualnih sposobnosti. Povoljni rezultati istraživanja naveli su neke od naučnika da daju preuranjene izjave da se ubrzo može konstruisati "misleća mašina" ili "elektronski mozak". Krajem 50-tih, sve do sredine 60-tih godina, problematika veštačke inteligencije bila je dosta rasplinuta između fantastike, mašte, potencijalnih mogućnosti i praktičnih ostvarenja. Ostvarivanjem praktičnih rezultata koji su našli primenu u privredi, veštačka inteligencija postaje interesantna za veliki broj naučnika različitih oblasti. Danas postoje realizovani sistemi koji su u stanju da autonomno obavljaju kompleksne probleme, kakve su jedino ljudi bili u stanju da obavljaju. Nije redak slučaj da takvi sistemi obavljaju te zadatke i daleko uspešnije od ljudi. U sprezi sa računarima, mašine postaju sposobne da rade samostalno, da upravljaju same sobom i da proizvode druge mašine, oslobađajući čoveka fizičkog i monotonog rada, prepuštajući mu rad nasloženijim i kreativnijim poslovima. Uobičajeno pod inteligencijom podrazumevamo sposobnost usvajanja, pamćenja i obrade određenjih znanja. Ipak, nijedna definicija veštačke inteligencije nije opšte prihvaćena barem ne neka koja bi odgovarala uobičajenom, svakodnevnom. U svakom slučaju možemo smatrati da inteligencija podrazumeva bar dve sposobnosti: sposobnost pamćenja (skladištenja znanja) i mogućnost njegove obrade. Postoje i drugi aspekti inteligencije. Jedan od njih je brzina obrade znanja koja je kada su u pitanju računari zavisna ne samo od procedura za zaključivanje već naravno i od tehničkih karakteristika pojedinog računara. Sposobnost učenja / usvajanja novih znanja takođe je jedan od aspekata inteligencije. Aspektom inteligencije možemo smatrati i sposobnost komunikacije sa drugim inteligentnim bićima (mašinama).(AI -artificial intelligence (Veštačka Inteligencija))(Igor Milojković, Veštačka inteligencija https://www.scribd.com/document/373552947/Vestacka-inteligencija#)

Oblasti veštačke inteligencije sa nekim podoblastima i tipovima inteligentnih sistema su:

- Ekspertni sistemi -sistemi kojima se čuva i eksploatiše znanje na način sličan ljudskim ekspertima;
- Mašinsko učenje- metode klasifikacije, otkrivanja znanja (DataMining), prikupljanje informacija (information retrieval), indukcija, prepoznavanje šablona (pattern recognition)
- Igre -teorija igara i primjene, šah;
- Predstavljanje znanja - jezici predstavljanja znanja, strukture;
- Rasuđivanje (rezonovanje)-pretraživanje, različite metode rasuđivanja i automatsko dokazivanje teorema,formalno automatsko dokazivanje ispravnosti;

- Obrada prirodnog jezika -mašinsko prevođenje, razumijevanje i analiza dijaloga, automatsko ispravljanje i generisanje;
- Govor - problemi prepoznavanje, generisanje i razumijevanja govora, prepoznavanje govornika i autentifikacija;
- Vizija - problemi interpretacije i razumijevanja slika;
- Računska inteligencija (soft computing) -fazi logika i sistemi, neuronske mreže, genetski algoritmi, primjene u automatskom odlučivanju i upravljanju;
- Robotika;
- Edukacija - inteligentni tutorski sistemi;
- Inteligentni interfejsi -modeliranje korisnika, dijaloga i objašnjenja, veza sa tehnologijom;
- Filozofski aspekti, etičke i društvene implikacije (https://www.scribd.com/document/138554065/VE%C5%A0TA%C4%8CKA-INTELIGENCIJA)

ZAKLJUČAK

Zaključak ovog rada je da je najpogodnija metoda za pripremu mikotoksina: Aflatoksina B_1, Aflatoksina G_1, Zearalenona, Ohratoksina A i Patulina, iz žitarica, kafe, voćnih sokova i prerađevina voća, SPE ekstrakcija sa Oasis kolonicama uz određivanje pomoću HPLC-MS tehnike.

Poređenjem svih uvedenih i validiranih metoda može se zaključiti da je metoda izbora pripreme uzoraka SPE ekstrakcija na Oasis kolonicama i određivanje HPLC-MS tehnikom u SIR modu, sa modifikacijom kao metoda ogromnog značaja može da posluži optimizovana metoda HPLC-UV ili HPLC-FLD po svim analitičkim i ekonomskim zahtjevima. Provjerom ovih metoda na realnim uzorcima sa tržišta Republike Srpske/BiH koji su izabrani metodom slučajnog uzorka, detektovano je prisustvo kontaminacije ovim mikotoksinima, ali da se primjetiti da navedene analitičke instrumentalne metode traže visoko stručni kadar, skupu radnu snagu, utrošak dosta radnog vremena, skupe reagense kao i mogućnost analitičke greške dok bi vještačka inteligencija imala zadatak da zamjeni skupu radnu snagu, da nam da preciznu determinaciju vrste i tipa mikotoksina (toksikanta) i najvažnije kratko vrijeme detekcije traženog toksina, čime bi se ubrzao cjelokupan proces na relaciji njiva – trpeza.

LITERATURA

1. Mirić M. O., Šobajić S., Zdravstvena ispravnost namirnica, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2002
2. Đilas, S., Mašić, Z., Živkov-Baloš, M., Mihaljev, Ž., "Mikotoksini u mleku I proizvodima od mleka", Jugoslovenski mlekarski simpozijum, Savremeni trendovi u mlekarstvu, Zlatibor, str. 72-77(2000).
3. Đilas, S., Živkov-Baloš, M., Mrđen, M., Mihaljev Ž, Mašić, Z., "Kontaminiranost hrane za životinje plijesnima tokom 2001 godine" Veterinarski žurnal Republike Srpske, 1, 139-142 (2001).
4. Đilas, S., Živkov-Baloš, M., Mašić, Z., Mihaljev, Č., Mrđen, M., "Hemijska, mikrobiološka I mikotoksikološka ispravnost smješa za ishranu životinja u periodu januar 1999 – januar 2000", 12. Savjetvanje veterinara Srbije, Vrnjačka Banja, str. 101-102 (200).
5. Marjanović N. J., Krstić B. Đ., Instrumentalne metode u biloškim istraživanjima, Tehnološki i Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Novom Sadu, 1998.
6. Grujić R., Nauka o ishrani čovjeka, Tehnološki fakutet Univerziteta u Banjaluci, 2000.
7. Marjanović N., Janković I., Instrumentalne metode analize, Tehnološki fakultet Novi Sad i Zavod za izdavanje udžbenika, Novi Sad,1983.
8. FAO/WHOUNEP. 1999.Th ird Joint FAO /WHO/UNEP International Conference on Mycotoxins, 3-6 March 1999, Tunis, MYC-CONF/99/REPe
9. https://www.scribd.com/document/373552947/Vestacka-inteligencija#
10. https://www.scribd.com/document/138554065/VE%C5%A0TA%C4%8CKA-INTELIGENCIJA

Проф. др Витомир Т. Миладиновић[1]
Проф. др Драгутин Јовановић[2]
Маст. инж. Драгана Рошуљ[3]

Стручни рад
УДК 656.96.022.83:007.52

ПРАЋЕЊЕ И АНАЛИЗА КОНТЕКСТА ТРАНСПОРТНЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ ПРИМЕНОМ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ

Резиме

У раду ће бити приказане могућности и очеивани ефекти примене одговарајућих облика вештачке интелигенције у процесу праћења и анализе контекста транспортне организације, као једног од основних и најзначајнијих процеса остваривања одрживог успеха и континуитета пословања транспортне организације.

Кључне речи: транспорт, транспортна организација, одрживи успех, континуитет пословања, менаџмент, отпорност, ризик.

MONITORING AND ANALYSIS OF THE CONTEXT OF THE TRANSPORT ORGANIZATION USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract

In this paper are presented the possibilities and expected effects of the application of appropriate forms of artificial intelligence in the process of monitoring and analyzing the context of the transport organization, as one of the basic and most important processes of achieving sustainable success and the business continuity of the transport organization.

Keywords: transport, transport organization, sustained success, business continuity, management, resilience, risk.

***JEL Klasifikacija**: M14 Corporate Culture; Diversity; Social Responsibility; R4 Transportation Economics.*

1. УВОД

Услови пословања савремене транспортне организације у савременом, веома динамичном и захтевном окружењу, захтевају од организације да стално буде спремна да реагује на промене које проистичу из, често веома бурних и неочекиваних, догађаја у њеном пословном окружењу. Узроци тих догађаја, као и време њиховог настанка су, веома често, драматични, па чак и катастрофални. Уз то су и непредвидиви или веома тешко предвидиви. У вези с тим, њихове последице и утицај на пословање, могу да судбоносно, позитивно или негативно, утичу на ***постизање континуитета пословања и одрживог***

[1] Др Витомир Т. Миладиновић, ФИМЕК, Нови Сад, Србија, vitomir.miladinovic@gmail.com
[2] Др Драгутин Јовановић, ФИМЕК, Нови Сад Србија, gutajov@gmail.com
[3] Академија техничких струковних студија Београд, drosulj@atssb.ede.rs.

успеха транспортне организације[4] укључујући промене у њеном статусу у распону од остваривања високих пословних резултата мерених финансијским и нефинансијским показатељима, до потпуног нестанка са тржишта.

Промене у пословном окружењу транспортне организације могу да садрже одређене, разноврсне по карактеристикама и интензитету, ризике и прилике на које организација мора да има спреман одговарајући и правовремени одговор. Спремност организације да пружи такав одговор је мера њене ***отпорности*** на негативне утицаје фактора пословног окружења и ***способности*** да опстане у условима деловања фактора окружења.

Оправданост и нужност предузимања одговарајућих мера у циљу подизања степена ***отпорности*** и ***способности*** реаговања организације ***у складу са деловањем фактора пословног окружења*** произлазе из потреба организације да постигне континуитет пословања и одрживи успех. То је, нарочито, појачано појавама које су потресале, потресају (и потресаће), свет – сетимо се пандемије Covid-19, климатских промена, земљотреса, криза, ратова, итд.

Један од основних и најзначајнијих процеса чији резултати су један од темеља постизања континуитета пословања и одрживог успеха је ***анализа контекста организације*** [1], [2]. С обзиром на потребу располагања великом количином актуелних података и информација о великом броју фактора пословног окружења транспортне организације, као и нужност ефикасне обраде тих података у сврху доношења одговарајућих одлука, намеће се логичан закључак о сврсисходности примене одређених, савремених, информатичких алата. При томе се, као незаобилазан алат истиче ***вештачка интелигенција***.

Циљ овог рада је ***да укаже на комплексност проблема анализе контекста транспортне организације, као и могућност (и нужност) примене одговарајућих облика вештачке интелигенције,*** *без улажења у конкретна техничка и технолошка решења.*

2. ОБЕЗБЕЂИВАЊЕ КОНТИНУИТЕТА ПОСЛОВАЊА И ОДРЖИВОГ УСПЕХА ТРАНСПОРТНЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ

2.1. Основне поставке

Један од најзначајнијих стратешких циљева сваке ***друштвено одговорне*** транспортне организације, је ***постизање одрживог успеха и континуирано пословање*** у дужем временском периоду.

Према дефиницијама ових појмова[5,6], датим у међународним стандардима ISO 9000:2015 [3] и ISO 22301:2019 [4], то значи да транспортна организација треба да ***буде способна да, у неком, што је могуће дужем, временском периоду постиже планиране пословне успехе (или их надмашује).*** То, даље, значи ***да транспортна организација треба да буде способна да утврђује, предвиђа и задовољава потребе, захтеве и очекивања свих релевантних заинтересованих страна и тежи да непрекидно повећава њихово задовољство***. При томе, транспортна организација обавезно ***треба да буде способна да,*** *у случају поремећаја који утичу или могу да утичу на њено пословање,* ***настави пружање транспортних услуга у, за корисника и друге релевантне заинтересоване стране, прихватљивим временским оквирима и унапред***

[4] Појединим аспектима остваривања континуитета пословања и постизања одрживог успеха аутори су се бавили у својим радовима [1] и [2], па је, стога, овај рад у одређеној мери ослоњен на ставове изнете у тим радовима.

[5] Одрживи успех: Успех током неког временског периода. [1]

[6] Континуитет пословања: Способност организације да настави испоруку производа и услуга у прихватљивим временским оквирима и унапред дефинисаном капацитету који се односи на поремећај. [2]

дефинисаним параметрима *(као што су. нпр. количине, динамика, квалитет и др.)*. То се, наравно, односи и на обављање свих других делатности транспортне организације ***значајних за задовољавања потреба, захтева и очекивања заинтересованих страна).***

Постизање овог циља мора да буде ***„циљ свих циљева“*** транспортне организације: ***све активности транспортне организације и реализација свих других циљева морају да буду усмерене на реализацију овог основног циља***. Истовремено, способност организације да оствари континуирано пословање и постиже одрживи успех је веома значајна подршка постизању других циљева пословања.

Како транспортна организација може да постигне ове циљеве?

За постизање ових циљева потребан је ***ефективан и ефикасан систем менаџмента способан да омогући постизање тих циљева***!

На први поглед, чини се да је одговор веома једноставан. Међутим, као и увек, поставља се питање ***структуре тог и таквог система менаџмента***.

Систем менаџмента који ће бити способан да обезбеди постизање одрживог успеха и континуитета пословања транспортне организације ***мора да обезбеди ефективно и ефикасно управљање свим факторима који утичу или могу да утичу на постизање одрживог успеха и континуитета пословања организације***. То подразумева усвајање и примену приступа разматрању и решавању ових питања који подразумева ***свеобухватно сагледавање свих фактора који утичу или могу да утичу на пословање организације, њихових међусобних веза и узајамних утицаја, облика и интензитета утицаја на организацију итд***.

Такође, поставља се и питање избора и примене одговарајућих ***методолошких приступа***, укључујући одређена ***техничка и технолошка решења*** која ће, првенствено, омогућити постизање ***вишег степена ефикасности праћење и анализе утицајних фактора и реаговање на њихове утицаје*** (позитивне и негативне). При томе, неопходан је и одређени обим ***редизајнирања постојећег система менаџмента*** организације, а основни елементи и фактори успеха овог процеса су:

- ***потпуно познавање и разумевање фактора пословног окружења*** (контекста) транспортне организације и њихових утицаја на њено пословање, као и ***праћење промена*** тих фактора,
- ***постизање потребног степена отпорности*** на негативне утицаје окружења и поремећаје пословања,
- ***обезбеђивање услова (организационих, технолошких и техничких)*** за ефективно и ефикасно идентификовање и анализу фактора контекста транспортне организације, као и њихових промена, у циљу постизања потребног степена њене отпорности.

2.2. Разумевање контекста савремене транспортне организације

2.2.1. Контекст организације – општа разматрања

Савремена транспортна организација послује у веома ***сложеном, захтевном, променљивом*** окружењу. То окружење – ***контекст*** – организације (екстерно и интерно) пуно је ***ризика (али и прилика)*** чије ***последице*** на пословање организације често могу да буду веома велике, чак судбоносне. Такође, ***порекло и узроци*** тих ризика и прилика, као и начин њиховог ловања, су веома разноврсни, како по месту и начину настанка, тако и по месту и начину утицаја на процесе и елементе структуре организације. Из тога следи и разноврсност облика супротстављања негативним и коришћења позитивних утицаја, што укључује процесе и системе чији циљ и излазни елементи представљају кључну основу за обезбеђивање одрживог успеха и континуитета пословања организације.

У оваквим условима пословања *тражење и налажење ефективног и ефикасног одговора на утицаје пословног окружења на организацију, њено пословање, успех и опстанак на тржишту* је ***основни задатак менаџера на свим нивоима***.

Фактори који постоје или могу да постоје у окружењу организације и утичу или могу да утичу, негативно или позитивно, на различите аспекте њеног пословања су познати (из литературе, искуства - сопственог и туђег,...). Међутим, веома често, није довољно познато ***који фактори, на који начин и каквим интензитетом утичу или могу да утичу*** на конкретну организацију, као и какве су, или какве могу да буду, ***последице тих утицаја***! То ***мора*** да буде потпуно познато сваком менаџеру који, уз то, мора да има у виду чињеницу да се фактори окружења и њихови потенцијални и стварни утицаји на организацију веома динамично, некада и драматично, мењају. Следи да менаџер, осим познавања фактора контекста организације, мора *непрекидно да прати сва дешавања која имају или могу да имају утицај на промене тих фактора*! ***Изненађења нису допуштена!***

Облици утицаја фактора контекста организације, према последицама на њено пословање, могу да буду ***негативни*** и ***позитивни***. Негативни утицаји или ***ризици*** (***опасности***) манифестују се разноврсним нежељеним догађајима, појавама и резултатима у вези с пословањем организације. Позитивни утицаја или ***прилике*** огледају се у могућности остваривања одређених користи за организацију. Очигледно је да организација мора да се потруди да ризике и њихове последице елиминише или сведе на прихватљиву меру, а да прилике искористи у што је могуће већој мери.

Нужност познавања фактора контекста организације, начина и интензитета њиховог деловања, врста и интензитета њихових последица и њихових промена произлази из чињенице да фактори контекста организације садрже разноврсне ***ризике*** и ***прилике***. чији утицај на континуитет пословања и дугорочно постизање пословних успеха, може да буде веома велики и, чак, пресудан! Из тога следи да организација, на првом месту њено највише руководство, мора, ***пружањем ефективног одговора*** на деловање фактора контекста (негативно или позитивно) да си***стематски управља*** свим ***релевантним утицајима*** свих ***релевантних фактора*** свог пословног окружења (контекста). Наравно, циљ тог управљања је обезбеђивање континуитета пословања и постизање одрживог успеха, а за то је неопходно да у организацији буде успостављен и примењен ефективан ***процес праћења и анализе контекста*** организације који треба да обухвати идентификовање, анализу и разумевање:

- ***фактора пословног окружења*** (интерног и екстерног) који утичу или могу да утичу на пословање организације,
- ***врста и интензитета стварних и могућих утицаја*** фактора пословног окружења на пословање организације (ризика и прилика),
- ***места у организацији*** (производи / услуге, процеси, системи, ...) ***на које утичу или могу да утичу*** фактори пословног окружења, укључујући врсте и интензитет тих утицаја за свако идентификовано место утицаја,
- ***промена у пословном окружењу*** и њиховог утицаја на пословање организације.

Процес треба да буде документован, а за његову реализацију неопходно је да организација обезбеди одговарајуће ресурсе:

- ***људске***, што подразумева компетентне људе на свим нивоима,
- ***материјалне***, што, нарочито, укључује напредна информатичка средства и системе,
- ***нематеријалне***, што обухвата постојање и примену одговарајуће технолошке основе, нарочито у области дефинисања и примене одговарајућих поступака праћења и анализе фактора контекста организације, доношење одлука и спровођење мера.

Резултат (излазни елементи) овог процеса треба да буду ***актуелне, тачне и прецизне*** информације и подаци о стању и трендовима у пословном окружењу организације. Њихова употребљивост зависи од:

- ***карактеристика и начина реализације процеса***, што обухвата структуру процеса, доследност у спровођењу процеса и његових активности, компетенције и свест свих учесника у реализацији процеса о значају процеса за организацију,
- ***доступности података и информација*** о факторима контекста и њихове актуелности, тачности и прецизности,
- ***адекватности примењене методологије*** прикупљања, обраде и анализе података и информација, применом напредних техничких, посебно информационих, система.

Успостављање и реализација овог процеса је један од обавезних захтева више међународних стандарда за системе менаџмента. Међутим, искуства аутора указују на, често, ***неодговарајућу примену и задовољавање овог захтева*** и, у вези с тим, мале, чак безначајне, користи од тога. То је, најчешће, последица ***недовољног разумевања суштине овог захтева***, ***начина задовољења и користи*** које од тога може да има организација. У пракси се задовољење овог захтева често своди на формалност коју треба задовољити. Такође се, при *„описивању“* контекста организације, наводи неколико, у литератури набројаних, фактора, али без суштинског разматрања њихових стварних утицаја у конкретној ситуацији. На жалост, неки оцењивачи прихватају и подржавају и, може се рећи, промовишу овакав приступ! ***Јасно је да од оваквог приступа организација не може имати никакве користи.*** При томе су могуће и одређене негативне последице ако, због недовољног и неодговарајућег познавања и разумевања контекста организације или промена у њему, буду донешене одлуке чији ће резултати бити неповољни по организацију и, можда, ***неке од њених заинтересованих страна***.

Из наведеног следи да праћење и разумевање контекста организације и промена у њему мора да буде ***трајан задатак и активност највишег руководства*** сваке организације и, посебно, ***транспортне организације*** с обзиром на карактеристике њиховог главног процеса, његов друштвени значај и ***ризике*** и ***прилике*** присутне у његовој реализацији.

Располагање ***актуелним, тачним и прецизним*** подацима и информацијама о дешавањима у пословном окружењу организације омогућава доношење одлука заснованих на провереним чињеницама, чиме се ***смањује степен неизвесности*** која прати доношење одлука. Такође, омогућено је ефикасно реаговање на промене у окружењу које могу да утичу на реализацију донетих одлука.

2.2.2. Контекст транспортне организације

2.2.2.1. Појам контекста транспортне органиазције

При разматрању контекста транспортне организације неопходно је узети у обзир њене специфичности, тј. разлике у односу на друге организације које послују у истом окружењу које произлазе из карактеристика њене основне (и других) делатности. Те специфичности су следеће [2]:

- ***пословање на веома широком географском и геополитичком простору*** (нпр. међународни – интерконтинентални транспорт): обављење делатности у условима који произлазе из географских, друштвених, економских, политичких, правних, етничких, културолошких, религијских и других специфичности одређене средине
- ***разноврсност објеката транспорта***: људи, живе животиње, опасне материје и роба, лако кварљива или ломљива роба, предмети високе вредности итд.
- ***разноврсност ресурса за обављање делатности*** чије потребне карактеристике мо-

рају да буду у складу са захтевима који произлазе из карактеристика објеката транспорта и услова у којима се обављају делатности транспортне организације,
- ***строги захтеви корисника и регулаторних органа у погледу очувања карактеристика објеката транспорта***: безбедност и здравље људи и животиња, очување и спречавање промена карактеристика робе (оштећење, уништење, отуђење и др.),
- ***могућности утицаја,*** у току транспорта, при манипулисању теретом, у случају акцидената и др., на ***животну средину, природне и друге ресурсе (укључујући енергетску ефикасност), безбедност и здравље људи и животиња,*** итд.
- ***строги захтеви корисника***: у погледу времена (рокова) пружања услуге (ред вожње, време испоруке, доступност и др.),
- ***обављање, уз основну, и других делатности***: туризам, угоститељство и др.

Поред наведених, може се рећи, *општих* специфичности транспортне организације које се односе на све или велику већину организација, свака појединачна организација има и одређене, своје, специфичне карактеристике које је чине различитом од других. Самим тим, утицаји фактора окружења могу да буду различити у организацијама које послују у истом окружењу. Због тога, при анализи контекста транспортне организације, неопходно је да **сви** (интерни и екстерни) фактори њеног пословног окружења, њихови утицаји и последице тих утицаја буду разматрани са аспекта специфичности делатности транспортне организације, односно специфичности њених активности, процеса и система.

С обзиром да се утицаји фактора окружења манифестују преко одређених ***ризика*** и ***прилика***, у складу са наведеним специфичностима транспортних организација, свака организација мора да свој процес анализе контекста прилагоди својим специфичностима, као и специфичностима окружења у коме послује.

Контекст савремене транспортне организације садржи две групе фактора које се међусобно разликују према свом пореклу – месту настанка, односно, према могућностима и степену управљања тим факторима од стране организације. То су:
- спољни фактори контекста,
- заинтересоване стране, и
- унутрашњи фактори контекста.

2.2.2.2. Спољни фактори контекста транспортне организације

Спољни фактори који утичу или могу да утичу на пословање транспортне организације су фактори који нису под управљањем организације - она на њих не може да утиче или је њен утицај на њих ограничен и условљен одређеним специфичностима, како самих фактора, тако и организације. Ти фактори, већим делом, утичу и на пословање свих других организација које послују у истом окружењу. Међутим, природа, интензитет и последице њихових утицаја на пословање транспортне организације (позитивних и негативних) произлази из специфичности сваке појединачне транспортне организације. У ове факторе могу се убројати:

Тржиште: локално, регионално и глобално: Овај фактор треба посматрати са аспекта:
- ***потребе и могућности тржишта*** *да прихвати понуду услуга транспортне организације*, што подразумева постојање потенцијалних корисника, сарадника и конкуренције, и
- ***способности тржишта*** *да обезбеди задовољење потреба и очекивања транспортне организације*, што обухвата постојање могућности обезбеђивања, под прихватљивим условима, производа и услуга неопходних за пословање организације.

Карактеристике објеката транспорта: Захтеви за реализацију транспортне услуге

произлазе из карактеристика објеката транспорта, као и потреба, захтева, и очекивања корисника транспортне услуге (путници, власници робе, корисници робе, посредници, држава и др.). При томе, треба увек имати у виду чињеницу да се ти захтеви веома динамично мењају (наравно, у смислу да постају строжији).

Утицај овог фактора на постизање одрживог успеха и континуитета пословања организације је изузетно велики, с обзиром да се односи на реализацију кључних процеса у организацији који произлазе из њене визије, мисије, циљева и стратегија у складу са њеном основном делатношћу (превоз људи / терета / опасних терета / живих животиња...,

Географски и климатски услови: Укључује утицаје локалних и глобалних географских и климатских услова (рељеф, температура ваздуха, падавине, карактеристике путне и друге инфраструктуре које произлазе из географских и климатских услова и др.) на способност транспортне организације да задовољи потребе, захтеве и очекивања корисника својих услуга и других, релевантних, заинтересованих страна.

Геополитичка ситуација: Познато је да је актуелна геополитичка ситуација веома сложена и променљива, а резултат су, или могу да буду, кризе, ратови и други сукоби, као и други нежељени догађаји који ометају или онемогућавају нормалан живот и пословање. Организације које су се определиле за пословање на таквим подручјима овај фактор морају да третирају као један од кључних за планирање својих пословних активности.

Законска и друга регулатива: Степен познавања и примене законске и друге регулативе која се односи на било који аспект пословања транспортне организације, како националне, тако и иностране и међународне, као и њених промена је фактор који директно утиче на успешност пословања транспортне организације. Штете које организација може да претрпи због непознавања или непоштовања важећих прописа (нпр. шпедитерских, царинских, у области осигурања и др.) могу да буду материјалне или нематеријалне, и да значајно негативно утичу на резултате пословања и постизање одрживог успеха и континуитета пословања.

Саобраћајна инфраструктура (локална, регионална, глобална): Овај фактор првенствено обухвата карактеристике саобраћајница на којима организација реализује или намерава да реализује своје услуге (врсте, категорије и стање путева, режим саобраћаја и др.). Такође обухвата и друге елементе значајне за несметано обављање активности (могућност снабдевања горивом, објекти за утовар / истовар / претовар терета, објекти и средства за одржавање возила, одморишта, пропусна моћ граничних прелаза и др.).

Социјално – културолошки фактори: Овај фактор обухвата карактеристике људи у окружењу организације који имају или могу да имају било какве везе са транспортном организацијом и њеним пословањем. То обухвата демографске карактеристике (старосна структура, запосленост, економско стање и др.), културу, образовање, религију, обичаје, навике и др. Са аспекта демографских карактеристика, културе, обичаја, религије итд. запослених у организацији, овај фактор се може третирати и као *унутрашњи* фактор контекста организације.

Познавање овог фактора може да помогне организацији у пројектовању, планирању и реализацији транспортних услуга, посебно у случајевима када неки захтеви и очекивања корисника и других заинтересованих страна произлазе управо из тих карактеристика.

Развој технологија у области транспорта и транспортних средстава: У реализацији транспортних и других процеса у транспортној организацији примењују се разноврсна техничка и технолошка средства: за превоз људи и терета, манипулацију теретом, чување и заштиту људи и терета, комуницирање, управљање подацима и информацијама итд.

Значај ових средстава за сваку организацију је познат и њихов утицај на способност организације да успешно обавља своје делатности, па га треба га посебно образлагати. С обзиром на висок степен корелације, развој и иновације у области технологија које примењује транспортна организација, требало би разматрати и као један од фактора интерног окружења. Очигледан пример је и ***примена вештачке интелигенције*** као веома значајног фактора подршке свим процесима у транспортној организацији.

2.2.2.3. Заинтересоване стране

Дефиниција појма заинтересована страна дата је у стандарду SRPS ISO 9000:2015 [3] и гласи: „Особа или организација која **може да утиче, да буде под утицајем, или сматра да је под утицајем** одлуке или активности.“. С обзиром на дату дефиницију следи да свака организација може имати велики број разноврсних заинтересованих страна – од појединаца до, по врстама делатности, структури, величини и другим карактеристикама, веома различитих организација.

Заинтересоване стране, као посебна, може се рећи – најзначајнија - група фактора контекста могу да имају својства и спољних и унутрашњих фактора контекста. Специфичности ове групе фактора контекста произлазе из наведене дефиниције, тј. из њихових односа са посматраном организацијом Све заинтересоване стране имају одређене потребе и очекивања у вези са различитим аспектима пословања транспортне организације, па због тога, ***разумевање потреба, захтева и очекивања*** заинтересованих страна је веома значајан елемент процеса анализе контекста сваке организације. У вези с тим, веома је важно да организација, на основу детаљне и свеобухватне анализе својих заинтересованих страна и њихових потреба и очекивања, изврши рангирање према релевантности, тј. према степену значаја и утицаја на пословање организације. То значи да организација мора да, применом одређених индикатора и критеријума, најпре, изврши избор заинтересованих страна које су, према њеним критеријумима, најзначајније и најутицајније на њено пословањеа затим да за сваку изабрану (релевантну) организацију рангира њене потребе и очекивања и дефинише приоритете њиховог задовољавања.

Неке од ***кључних*** заинтересованих страна транспортне организације могу да буду:

Корисници: ***Људи*** (појединци и групе – организације), који могу бити у својству директног корисника (путници у путничком саобраћају, власници робе у транспорту – пошиљаоци и/или примаоци) или индиректног (корисници роба – производа које превозе транспортне организације). Корисници су, без обзира на њихово својство и однос са организацијом, најзначајнија заинтересована страна сваке организације, па организација мора да посвети изузетну пажњу ***познавању њихових потреба, захтева и очекивања***, као и ***ризика*** и ***прилика*** у вези с тим.

Конкуренција и сарадници: Постојање и функционисање организација које се баве истим или компатибилним активностима је неминовно, а интереси могу да им буду заједнички или супротстављени. То може да олакшава или отежава реализацију активности посматране организације. Самим тим, ***ризици*** и ***прилике*** у вези са активностима конкуренције и сарадника могу значајно да утичу на пословање организације.

При анализи конкуренције као фактора окружења (заинтересоване стране), организација треба да узме у обзир и чињеницу да се и она сама појављује у улози конкуренције другим организацијама. Стога, она мора да препозна ***ризике*** и ***прилике*** које произлазе из оваквих односа.

Запослени: Кључни део сваке организације су њени ***запослени*** који, користећи своје компетенције, стварају вредности, како за организацију, тако и за задовољење својих

егзистенцијалних потреба. Због тога су запослени заинтересовани за све аспекте пословања и опстанак организације. Следи да организација мора непрекидно да разматра адекватност својих људских ресурса са аспекта њихове способности за реализацију активности организације, као и ризика и прилика које из тога произлазе.

Финансијске установе: Банке, инвеститори и друге финансијске установе су значајна подршка пословању сваке, па и транспортне, организације. Та подршка, наравно, има своју цену, па је кључни фактор при одлучивању о било каквом аранжману са овим установама детаљна, прецизна и свеобухватна анализа ризика и прилика које из тога могу да проистекну.

Синдикати: Утицај овог фактора је у вези са људским фактором – запосленима – првенствено са аспекта њиховог статуса у организацији (услови рада, зараде и др.)

Друштво: Као фактор контекста транспортне организације, друштво се може посматрати и као спољни фактор, али је, с обзиром на карактер међусобних односа и утицаја, сврсисходније да се друштво посматра као заинтересована страна.

Утицај друштвене заједнице, без обзира на формалну припадност организације неком друштву, огледа се кроз одређене механизме који, на различите начине, утичу на пословање и, може се рећи, егзистенцију организације. То су, првенствено, политички, правни, финансијски и други државни системи подржани законском и другом регулативом.

Заинтересованост друштва за пословање организације манифестује се бригом о испуњавања обавеза организације према друштву (држави, запосленима, банкама, регулаторним органима итд.), али и бригом за опстанак организације на тржишту. Ово произлази из чињенице да је свака успешна и друштвено одговорна организација један од стубова здравог друштва. У вези с тим, организација мора да познаје све аспекте утицаја друштва на њено пословање, као и ризике и прилике који произлазе из тога.

2.2.2.4. Унутрашњи фактори контекста транспортне организације

Унутрашњи фактори контекста транспортне организације су фактори који су под потпуним управљањем организације. Организација може попуно или у већој мери, да утиче на ове факторе и њихов утицај на способности организације за успешно пословање и постизање одрживог успеха и континуитета пословања. Неки од најзначајнијих унутрашњих фактора контекста организације су:

Систем менаџмента: Овај веома комплексан фактор треба разматрати са више аспеката, што укључује све елементе система и подсистема система менаџмента и њихову усаглашеност са важећом регулативом (закони, подзаконска акта, технички прописи, стандарди итд.), као и његове способности да омогући остваривање мисије, визије, политика и циљева организације. Такође, веома је важно утврдити врсте и ***степен корелације*** овог фактора и свих других фактора контекста организације. Његов значај није потребно посебно образлагати.

Организациона структура: Овај фактор контекста транспортне организације може посматрати као посебан фактор, али и као интегрални део система менаџмента. То зависи од саме структуре организације (првенствено број и величина организационих целина и њихов просторни распоред). Степен утицаја постојеће организационе структуре на постизање одрживог успеха и континуитета пословања организације је неопходно утврдити и непрекидно пратити

Запослени: Истовремено представљају и важан унутрашњи фактор контекста и заинтересовану страну, па их треба разматрати истовремено са оба аспекта.

Објекти, инфраструктура, опрема за рад и технологије: Овај фактор обухвата расположива транспортна средства, средства за логистичку подршку, информационо-комуникационе технологије (софтвер и хардвер), објекте, техничка и друга средства за рад (машине, уређаји, алати и др.), технолошке поступке итд. Значај и утицај овог фактора је добро познат, али је неопходно имати у виду да се стање у овим областима непрекидно мења, па се може рећи да су те промене кључна карактеристика овог фактора. Осим тога, утицај овог фактора је у значајној корелацији са многим другим факторима што захтева истовремено, комплексно, разматрање свих фактора и њихових међусобних утицаја.

2.2.3. Промене фактора контекста организације

Промене фактора контекста транспортне организације могу да имају посебан значај и утицај на пословање (и постојање!) транспортне организације, па се њиховом сагледавању мора приступити са посебном пажњом. Неки од фактора чије промене могу значајно да утичу на пословање транспортне организације су:

- Нове технологије у области транспортних средстава:
  - транспортна средства,
  - средства за манипулацију теретом,
  - средства за обезбеђење терета,
  - информационо – комуникационе технологије,
- Промене карактеристика предмета транспорта чија последица су специфични и строжији захтеви у вези са начином транспорта и поступањем у току транспорта, посебно у вези са:
  - безбедношћу саобраћаја,
  - безбедношћу хране,
  - безбедношћу и заштити здравља људи,
  - заштитом животне средине,
- Промене социјалних, демографских, културних и других карактеристика путника као корисника транспортних услуга, посебно у вези са:
  - променом перцепције квалитета транспортне услуге,
  - променом потреба, захтева и очекивања,
  - променом економских капацитета корисника услуге,
  - променом навика,
- Промене у националном и међународном законодавству у области транспорта, посебно у вези са:
  - међународним транспортом опасног терета,
  - праксом међународног надзора над транспортом,
- Настанак и уклањање административних и физичких препрека које негативно утичу на конкурентност наших превозника на међународном тржишту транспортних услуга нпр.:
  - још увек неповољан визни режим за професионалне возаче,
  - неприхватљиво дуго задржавање на граничним прелазима и сл.),
  - недостатак одговарајућих транспортних терминала дуж транспортног пута,
- Обављање делатности међународног транспорта, већим делом, у режиму квота билатералних и мултилатералних CEMT[7] (ECMT)[8] дозвола.

Осим наведеног, у зависности од специфичности транспортне организације и њеног пословног окружења, треба размотрити и промене других фактора окружења и њихове

[7] CEMT - Conférence Européenne des Ministres des Transports (fr)
[8] ECMT - European Conference of Ministers of Transport (eng)

утицаје на њено пословање.

***

У претходном тексту ове тачке приказани су, у основним цртама, само неки, најзначајнији, спољни и унутрашњи фактори контекста транспортне организације чији утицај може да буде кључан за њено пословање. То, наравно, нису сви фактори који сада утичу и који ће у будућности утицати на пословање транспортне организације и њене способности за постизање одрживог успеха и континуитета пословања.

У зависности од структуре и карактеристика конкретне организације и њеног окружења, као и од промена у организацији и њеном окружењу, могу бити идентификовани и други фактори који утичу или могу да утичу на пословање организације. Због тога процес анализе контекста организације не сме да буде затворен у унапред дефинисане оквире већ мора да омогући ефикасно сагледавање свих промена у њему, као и реаговање на њих.

Као што је већ напоменуто, постоји висок степен ***корелације*** између већег броја фактора контекста, без обзира којој групи припадају. Због тога, при разматрању фактора контекста обавезно се мора утврдити врста и степен корелације међу њима, како би одлуке донете на бази резултата анализе контекста биле ефективне.

2.3. Отпорност и способност реаговања транспортне организације на утицаје окружења

Као што је то напред речено, транспортна организација је, у савременом пословном окружењу, изложена деловању (негативном и позитивном) многобројних и разноврсних фактора, чије последице могу да буду веома значајне за функционисање организације и њен опстанак. ***Шта организација мора да учини?***

Први корак је ***познавање и разумевање свог контекст***а, тј. фактора окружења организације који утичу или могу да утичу на пословање организације. То је, у основним цртама, обрађено у претходном поглављу овог рада. То, наравно, само за себе није довољно!

Следећи корак је ***припремање (оспособљавање) организације за реаговање*** на идентификоване (стварне и потенцијалне) утицајне факторе у складу са утврђеним или процењеним обликом и интензитетом њиховог деловања и могућим последицама по организацију. Другим речима, организација мора да постигне одговарајући степен ***отпорности*** *на утицаје свог окружења и буде* ***способна да управља*** *ризицима који могу да доведу до поремећаја њеног пословања*. Дефиниција појма ***отпорност***[9] дата је у међународном стандарду *ISO 22300:2018 [5]*.

Отпорност транспортне организације на утицаје окружења и њена ***способност да управља ризицима*** који произлазе из деловања фактора њеног пословног окружења представљају основу за *обезбеђивање континуитета пословања организације тј. за постизање способности организације да, у случају било каквог нежељеног догађаја* (инцидента, промене у окружењу и др.), ***у што краћем временском периоду,*** *настави реализацију својих пословних активности на једнаком нивоу и обиму као пре инцидента или на унапред дефинисаном нивоу и обиму, са тенденцијом брзог повратка на стање пре инцидента*. Делотворан начин за постизање ове способности организације је успостављање, функционисање, одржавање и стално побољшавање ефективног ***система менаџмента континуитетом пословања (СМКП)***.

Овај систем мора да:

[9] Отпорност: ***способност прилагођавања у променљивом окружењу.***

– буде пројектован и реализован у складу са:
  - карактеристикама и специфичностима транспортне организације, што произлази из карактеристика њене делатности,
  - потребама организације које произлазе из карактеристика њеног окружења,
  - врстама и интензитетом утицаја фактора контекста које организација може (или не може) да поднесе у случају прекида пословања изазваног инцидентом,
  - потребама, захтевима и очекивањима релевантних заинтересованих страна,
– омогући остваривање политике и циљева континуитета пословања и, тиме, других циљева организације,
– омогући да организација постигне потребан ниво способности за ефективно реаговање у случају поремећаја и настави пословање на раније дефинисан начин,
– омогући брз опоравак организације и елиминисање узрока и последица поремећаја,
– обезбеди учење и стицање искустава из инцидената, поремећаја и одговора на њих.

Структура система менаџмента континуитетом пословања (СМКП) мора да буде у складу са структуром система менаџмента конкретне транспортне организације, а добру, али не и обавезну, основу за то пружа међународни стандард *EN ISO 22301:2019 [4]* Упутства за коришћење овог стандарда дата су стандардом *EN ISO 22313:2020 [6]* [6]

Користи које транспортна организација може да има од успостављања и примене СМКП су вишеструке, а могу се посматрати са више аспеката [1],[2]:
– Са аспекта пословања СМКП доприноси отпорности организације и омогућава постизање стратешких циљева, стварање и одржавање конкурентске предности, очување и јачање имица, репутације и кредибилитета организације у условима поремећаја пословања.
– Са аспекта реализације процеса у организацији СМКП омогућава одржавање потребног нивоа способности кључних процеса у условима поремећаја или прекида пословања, проактивно управљање ризицима и приликама, као и потенцијалним „рањивостима“ тј. елементима процеса и система осетљивим на деловање фактора који изазивају поремећаје.
– Са аспекта утрошка финансијских средстава СМКП омогућава смањење директних и индиректних трошкова који настају или могу да настану услед поремећаја – прекида пословања.
– Са аспекта односа са заинтересованим странама СМКП омогућава, у условима поремећаја или прекида пословања, задовољење њихових потреба, захтева и очекивања у предвиђеним оквирима. Такође омогућава заштиту живота и здравља људи, имовине и животне средине. Тиме приказује своју способност да постиже одрживи успех, а релевантним заинтересованим странама пружа поверење у своје способности. Такође, приказује и висок степен друштвене одговорности.
– Са аспекта утицаја на појединачну мобилност и доступност ближих и удаљенијих области, као и због свог значајног утицаја на рационално коришћење времена, СМКП омогућава транспортним организацијама да утичу и на квалитет живота људи у широм смислу.
– Са аспекта дугорочног циља – чланства у Европској Унији, који је Република Србија поставила као свој стратешки и национални интерес, СМКП омогућава транспортним организацијама да дефинишу своју европску позицију; креирају и примене транспортну политику којом ће искористити сопствене прилике и концентрисати се на своје предности.

Наведене, али и, у одређеним случајевима и друге, користи које организација може има-

ти од успостављања и примене СМКП су један од кључних разлога и мотива за усклађивање пословања организације са светском праксом у овој области на чијим достигнућим и искуствима су засновани напред поменути међународни стандарди.

2.4. Обезбеђивање услова за ефективно и ефикасно праћење контекста организације и промена у њему

Основни и незаобилазни услов за обезбеђивање одрживог успеха и континуитета пословања транспортне организације је ***ефективно и ефикасно праћење контекста организације и промена у њему***. То, како је напред већ речено, подразумева следеће:

- *идентификовање фактора пословног окружења* (*интерног и екстерног*) који утичу или могу да утичу на пословање организације,
- *идентификовање врста и интензитета стварних и могућих утицаја* фактора пословног окружења на пословање организације (***ризика и прилика***),
- *идентификовање места у организацији* (производи / услуге, процеси, системи, ...) *на које утичу или могу да утичу* фактори пословног окружења, укључујући врсте и интензитет тих утицаја за свако идентификовано место утицаја,
- *идентификовање промена у пословном окружењу* и њихових утицаја организацију.

Реализација наведених активности обавља се ***паралелно***, тј. ***за сваки идентификовани фактор контекста*** утврђује се ***врста и интензитета стварних и могућих утицаја***, ***места у организацији на која утичу или могу да утичу*** фактори пословног окружења и ***промена у пословном окружењу***. Овакав приступ обезбеђује актуелне, тачне и прецизне податке и информације о сваком фактору контекста и његовим карактеристикама, утицајима и променама. При томе је, ***за ефективно и ефикасно праћење и анализу контекста организације*** и промена у њему неопходно задовољавање одређених ***услова***. Ти услови су следећи:

- ***Организациони услови***: Успостављање ефективног и ефикасног система менаџмента у чијој структури ће процеси анализе контекста организације имати значај и улогу у складу са могућим користима и утицајима на остваривање одрживог успеха и континуитета пословања организације. За остваривање овог услова неопходна је ***ефективна*** *(суштинска, а не формална)* ***примена међународних стандарда за системе менаџмента континуитетом пословања и постизање одрживог успеха организације*** *EN ISO 22301:2019 [4]* и *ISO 9004:2018 [7]*, *као и других међународних стандарда* за системе менаџмента од значаја за постизање одрживог успеха и континуитета пословања организације (ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 и др.).
- ***Кадровски услови***: Располагање компетентним и мотивисаним људима који су оспособљени за извршавање задатака који произлазе из структуре процеса праћења и анализе контекста организације, укључујући знања и вештине неопходне за разумевање и примену одговарајућих техничких и технолошких средстава и решења.
- ***Технички и технолошки услови***: С обзиром на врсте и обим података и информација које треба прикупити, обрадити, чувати, дистрибуирати и употребити, неопходно је да организација располаже ефективним и ефикасним техничким и технолошким ресурсима чије карактеристике одговарају потребама решавања разматраног проблема. У првом реду су одговарајуће информационо – комуникационе технологије и средства, тј. све оно што се једним именом назива ***вештачка интелигенција***.

Задовољавање наведених услова обезбеђује услове за добијање поузданих, тачних и прецизних података и информација о структури и карактеристикама контекста организације. Због тога ће, у овом раду, посебна пажња ће бити посвећена анализи потреба и могућности примене одређених техничких и технолошких услова, конкретно – ***примени вештачке интелигенције***.

3. ЗАДАЦИ И ЦИЉЕВИ ПРИМЕНЕ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ПРАЋЕЊУ И АНАЛИЗИ КОНТЕКСТА ОРГАНИЗАЦИЈЕ

Циљ приказивања фактора контекста организације у тачки 2 је сагледавање врста и обима података и информација потребних за свеобухватну и детаљну анализу контекста транспортне организације и, на основу тога, доношење одлука о предузимању потребних мера у циљу постизања потребног нивоа отпорности и способности реаговања организације на утицаје фактора контекста, као и њене способности за постизање одрживог успеха и континуитета пословања. Овај приказ треба да буде један од улазних елемената ***пројектовања процеса примене вештачке интелигенције у анализи контекста транспортне организације.***

Основни циљ примене вештачке интелигенције у процесу праћења и анализе контекста транспортне организације треба да буде ***пружање ефективне и ефикасне подршке систему менаџмента организације у процесима остваривања одрживог успеха и континуитетом пословања***. Та ***подршка*** се састоји у реализацији следећих ***задатака***:

- ***прикупљање, обрада складиштење и чување*** података и информација о факторима екстерног и интерног контекста транспортне организације и, при томе, идентификовање ***ризика*** и ***прилика*** који могу да буду садржани у деловању сваког фактора контекста,
- ***идентификовање промена*** у окружењу и ажурирање података и информација о факторима контекста и, при томе, идентификовање ***ризика*** и ***прилика*** који могу да буду последице тих промена,
- ***анализа*** расположивих података и информација о факторима контекста и, на бази резултата анализе и унапред дефинисаних критеријума, доношење закључака и предлога за предузимање одговарајућих мера, са примарним циљем смањења или елиминисања идентификованих ***ризика*** и искоришћења ***прилика***,
- ***предузимање***, у складу са унапред дефинисаним критеријумима, одређених ***мера*** у циљу ***пружања одговарајућег одговора*** на деловање одређеног фактора контекста.

Прикупљање, обрада складиштење и чување података и информација: Подразумева непрекидно утврђивање унапред дефинисаних параметара свих идентификованих фактора контекста транспортне организације. Кључни критеријуми за дефинисање параметара фактора окружења који ће бити обухваћени овим поступком су ***постојање, врсте и интензитет ризика и прилика*** у деловању одређеног фактора. То захтева обезбеђивање непрекидног (или што је могуће чешћег) приступа изворима података и информација (базе података, Интернет сајтови, средства јавног информисања, ...), као и редовно преиспитивање ефективности овог поступка.

Јасно је да се овде говори о огромним количинама веома разноврсних података и информација, због чега је неопходна њихова ефективна и ефикасна обрада у циљу утврђивања степена њихове веродостојности и употребљивисти у даљим фазама анализе контекста организације и доношења одговарајућих мера. То значи да, у процесу обраде података и информација, мора да буде извршена ***селекција*** прикупљених података и информација, а ***резултат тог процеса треба да буду само поуздани, актуелни, тачни, прецизни и, у складу са одговарајућим критеријумима, калсификовани и категорисани, подаци и информације***. Прикупљени и обрађени подаци морају да буду ускладиштени тако да буде обезбеђен непрекидан приступ ради коришћења при одговарајућим анализама.

Идентификовање промена у окружењу: С обзиром на сталну *променљивост* параметара фактора контекста, и, у вези с тим, *променама врста и интензитета ризика и прилика*, веома је значајно да све промене фактора контекста, нарочито ***кључних***, буду потпуно и на време идентификоване, а *подаци о њима ажурирани*.

Праћење промена у окружењу мора да послужи као основа за ***уочавање и предвиђање трендова*** тих промена. На бази уочених трендова могу да буду донесене значајне проактивне одлуке чији резултат треба да буде смањење или елиминисања ризика и искоришћење прилика.

Анализа расположивих података и информација: Овај поступак мора да буде усмерен ка добијању одговора на питања која се односе на:

- утицај сваког идентификованог фактора контекста организације на постизање одрживог успеха и континуитета пословања организације,
- потребе, могућности и ефекте елиминисања или свођења на прихватљиву меру ризика који произлазе из деловања фактора контекста,
- потребе, могућности и ефекте искоришћавања прилика које произлазе из деловања фактора контекста,
- утицај идентификованих промена фактора контекста организације и њихових трендова на постизање одрживог успеха и континуитета пословања организације,
- постојање корелације међу факторима контекста, њиховим узроцима и последицама, као и ризицима и приликама које произлазе из њиховог деловања и, у складу с тим, укупни утицај фактора са високим међусобним степеном корелације на постизање одрживог успеха и континуитета пословања организације,
- дефинисање предлога одлука и мера у складу са резултатима и закључцима анализа,
- доношење реализацију одређених одлука у складу са резултатима и закључцима извршених анализа и унапред дефинисаним критеријумима,
- утврђивање корелације међу факторима, њиховим узроцима и последицама, као и ризицима и приликама које произлазе из њиховог деловања.

Предузимање конкретних мера: Мере које је неопходно предузети могу да буду:

- мере које се предузимају на основу директних одлука човека, и
- мере које се предузимају без директног утицаја човека.

Велики број одлука, у складу са њиховом природом и значајем за организацију, мора да буде дефинисан и спроведен уз ***директно и искључиво ангажовање човека*** – ***одговорног и компетентног*** руководиоца на одговарајућем нивоу у организацији. Учешће одређених облика вештачке интелигенције састоји се у ***ефикасној подршци*** доношењу одлука кроз припрему релевантних података и информација и дефинисање једног или више могућих варијанти предлога одлуке. Овакав вид учешћа вештачке интелигенције произлази из специфичности појединих фактора контекста организације чији се утицај на организацију не може утврдити само праћењем мерљивих параметара већ и на основу процена доносиоца одлука на бази сопствених искустава која, најчешће, нису обухваћена базом знања вештачке интелигенције. То, такође, обухвата и одлуке чије доношење се, из одређених разлога – посебно због одговорности доносиоца одлуке - не може у потпуности препустити вештачкој интелигенцији.

Предузимање одређених мера, у складу природом посматраног фактора контекста, као и начина, узрока и последица његовог деловања, може да буде засновано на одлукама вештачке интелигенције, без директног утицаја човека у време доношења одлуке и покретања мере. Ово је могуће (и, често, неопходно) у случајевима када су параметри одређених фактора контекста организације достигли унапред дефинисане вредности које су усвојене као индикатори за покретање одређених мера.

За ово је потребно детаљно разматрање и дефинисање ***критеријума на основу којих ће доношење одлука и активирање мера бити препуштено вештачкој интелигенцији***, као и ***облик и обим деловања одређених структура организације у тим ситуацијама***.

При томе, ***непрекидно*** – периодично и ванредно – ***преиспитивање*** тих критеријума засновано на резултатима праћења и анализе промена контекста и резултата предузетих мера треба да омогући ***стално побољшавање*** тог, и других, процеса у вези са управљањем утицајима фактора контекста транспортне организације.

4. ОЧЕКИВАНИ ЕФЕКТИ ПРИМЕНЕ ВАШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У АНАЛИЗИ КОНТЕКСТА ТРАНСПОРТНЕ ОРГАНИЗАЦИЈЕ

Врсте, начини и обим примене појединих облика вештачке интелигенције првенствено зависи од мисије, визије, политика и циљева организације, укључујући стратегије дугорочног развоја организације и остваривања одрживог успеха и континуитета пословања.

Ефекти примене вештачке интелигенције у процесу праћења и анализе контекста транспортне организације су, тренутно, недовољно познати. Може се, само, говорити о очекиваним, потенцијално значајним корисним ефектима који могу да буду последица примене вештачке интелигенције у различитим сегментима разматраног проблема. Та очекивања произлазе из потребе да се ефикасно прикупи, обради, анализира, ускладишти и користи веома велики број разноврсних података и информација у вези са великим бројем фактора контекста транспортне организације. Питања на која је потребно потражити и наћи одговоре су, у кратким цртама, приказана у овом раду.

Основни позитивни ефекат је ***подршка руководству*** транспортне организације ***при доношењу одлука, посебно у кризним ситуацијама*** када је, због деловања неког фактора контекста, поремећено или угрожено пословање организације. То се огледа у ефикасности процеса анализе прикупљених података и информација и пружања предлога могућих решења и, у одређеним случајевима, у предузимању конкретних мера. Даљи ефекти ове подршке обухватају позитивне утицаје на постизање одрживог успеха и континуитета пословања кроз повећање степена отпорности транспортне организације на деловање фактора контекста.

Овде треба поменути још један ефекат - могуће ***промене улоге човека*** у свим процесима у организацији у којима се примењују одређени облици вештачке интелигенције: повећање обима обављања ***високо стручних*** и ***креативних*** послова на рачун смањења ангажовања човека у обављањању одређених, мање креативних послова који захтевају већи утрошак људског (интелектуалног и физичког) рада.

5. ЗАКЉУЧАК

Транспортна организација која жели да дугорочно опстане на савременом тржишту транспортних (и других) услуга мора да разматра примену одређених поступака који јој омогућавају постизање одрживог успеха и континуитета пословања у савременом, веома захтевном и променљивом окружењу. То је, на првом месту, праћење и анализа контекста организације и, при томе, примена одговарајућих облика вештачке интелигенције у циљу постизања потребног нивоа ефективности и ефикасности тог, и других, процеса.

У раду су, у основним цртама, представљени најзначајнији фактори контекста транспортне организације и њихови могући утицаји на њено пословање, са циљем да се прикаже разноврсност и обим фактора контекста и њихових утицаја на организацију, као и питања на која треба дати одговор у вези са укупним деловањем контекста организације на њене способности постизања одрживог успеха и континуитета пословања.

Намера аутора овог рада није била детаљно приказивање и анализа конкретних облика вештачке интелигенције који би могли да буду примењени у процесу праћења и анализе

контекста организације, већ *указивање на потребу и могућност* примене тих технолошких и техничких решења у реализацији тог процеса. Конкретна техничка и технолошка решења треба да буду *резултат заједничке анализе компетентних представника конкретне транспортне организације и стручњака у области вештачке интелигенције.*

Очекивања од примене вештачке интелигенције су, што је и разумљиво на тренутном степену њеног развоја и примене у пракси, као и степена познавања и разумевања од стране потенцијалних корисника, веома велика и, може се слободно рећи, у неким случајевима, и нереална. Време ће показати стварне домете ове, несумњиво, напредне технологије која ће, ***треба се надати, бити искоришћена искључиво ради постизања добробити за цело човечанство***.

ЛИТЕРАТУРА

[1] ***Miladinovic, V.,T., Jovanovic, D., Comprehensive Approach To Achieving Business Continuity And Sustainable Success Of The Transport Organization,*** Traffic And Transport Theory And Practice (TTTP) Journal, Volume 6 Number 1, September 2021, Паневропски Универзитет Апеирон, Бања Лука.

[2] ***Миладиновић, В., Т., Методологија анализе контекста транспортне организације***, Први научно – стручни скуп са међународним учешћем „Добра пракса у друмском саобраћају и транспорту 2022“, Београд,

[3] ***SRPS ISO 9000:2015 Системи менаџмента квалитетом – Основе и речник***, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 2015.

[4] ***SRPS ISO 22301:2019 Безбедност и отпорност – Системи менаџмента континуитетом пословања - Захтеви***, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 2020.

[5] ***SRPS ISO 22300:2018 Безбедност и отпорност – Терминологија***, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 2018.

[6] ***SRPS EN ISO 22313:2020 Безбедност и отпорност – Системи менаџмента континуитетом пословања – Упутство за коришћење ISO 22301***, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 2020.

[7] ***SRPS ISO 9004:2018 Менаџмент квалитетом – Квалитет организације - Упутство за постизање одрживог успеха***, Институт за стандардизацију Србије, Београд, 2019.

Mr Lazar Mosurović[1], dipl. ing. saobraćaja
Dr Boris Gara[2]
Prof. dr Mile Petrović[3]

Stručni rad
UDK 656.25.05:007.52

PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE ZA DIJAGNOSTIKU STANJA ŽELEZNIČKIH PRUGA

Sažetak

Cilj rada je da prikaže jedno originalno rešenje zasnovano na bazi veštačke inteligencije kojim se vrši ispitivanje stanja železničkih pruga. U radu je opisan originalan inteligentni merni sistem za ispitivanje stanja železničkih pruga u realnom vremenu. Sistem je zasnovan na veštačkoj inteligenciji, odnosno na fazi logici i metaheuristici – (Fuzzi Logic, Neural Netvorks i Bee Coloni Optimization). Sastoji se iz hardvera i softvera koji je napisan na bazi veštačke inteligencije. Hardver je uređaj koji se postavlja u železničko vozilo i služi za prikupljanje podataka o tehničkim karakteristikama pruge. Softver koristi veštačku inteligenciju za poboljšanje operativne pouzdanosti i bezbednosti železničkih pruga. Ovakav sistem može da se koristi kako za dijagnostiku železničke infrastrukture, tako i za dijagnostiku stanja železničkih pruga u urbanim sredinama (tramvaji, metroi, i sl.).

Ključne reči: hardver, veštačka inteligencija, inteligentni merni sistem, MMC/SD kartice, senzori.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR DIAGNOSTIC CONDITION OF RAILWAYS

Abstract

The goal of the work is to present an original solution based on artificial intelligence, which is used to examine the condition of railway tracks. The paper describes an original intelligent measuring system for examining the condition of railway tracks in real time. The system is based on artificial intelligence, that is, on fuzzy logic and metaheuristics - (Fuzzy Logic, Neural Networks and Bee Colony Optimization). It consists of hardware and software that is written on the basis of artificial intelligence. Hardware is a device that is installed in a railway vehicle and serves to collect data on the technical characteristics of the track. The software uses artificial intelligence to improve the operational reliability and safety of railways. Such a system can be used both for diagnostics of railway infrastructure and for diagnostics of the state of railway tracks in urban areas (trams, subways, etc.).

[1] Direktor direkcije železnica Srbije, Nemanjina 6, Beograd, lazar.mosurovic@raildir.gov.rs
[2] Infrastruktura železnice Srbije, Nemanjina 6, Beograd japanac64@gmail.com
[3] Redovni profesor, Evropski univerzitet Brčko distrikt, petrovic.mile@yahoo.com

Key words: hardware, artificial intelligence, intelligent measurement system, MMC/SD cards, sensors.

1. Uvod

Ukupna dužina železničke mreže u EU je približno 208.000 km: Bugarska (4.030 km), Bosna i Hercegovina (1.018 km), Hrvatska (2.617 km), Mađarska (7.588 km), Crna Gora (249 km), Severna Makedonija (683 km), Rumunija (10.759 km. U EU postoji oko 9.000 brzih linija na kojima vozovi mogu da pređu 250 km/h [1].

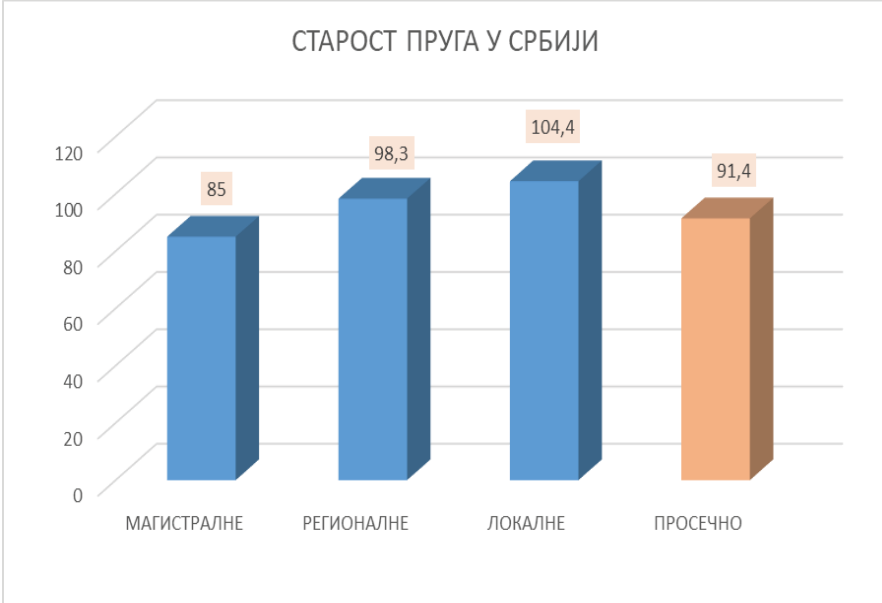
Na teritoriji Republike Srbije ukupna dužina pruga normalnog koloseka iznosi 3735,8 km, od čega su 3441,1km jednokolosečne i 294,7km dvokolosečne pruge. Ukupno je elektrificirano 1278,4km koloseka otvorene pruge sa glavnim prolaznim kolosecima (984,0km jednokolosečnih i 294,4 km dvokolosečnih pruga). Železnička mreža u Srbiji prikazana je na slici 1 [2].

Slika 1. *Železnička mreža u Srbiji [2]*

U Srbiji je završena brza pruga Beograd – N. Sad (76km), a planirano je da do 2024. godine bude završena brza pruga Novi Sad - Subotica – granica sa Mađarskom (136 km), a

brza pruga Beograd - Niš (204 km) do 2030. godine, kao i metro linije (60 km) u Beogradu do 2030. godine. Pruge velike brzine osetljivije su na kvarove na šinama i zahtevaju češću proveru geometrije koloseka [3].

Trenutno stanje železničke infrastrukture u Srbiji je veoma loše, 55% šina je postavljeno u 19. veku [2]. Prosečna starost železničke mreže u Srbiji je nešto više od 91 godine od toga magistralne pruge su u proseku stare oko 85 godina, regionalne nešto više od 98 godina dok su lokalne pruge starije od jednog veka, što je prikazano na grafikonu 1. Koloseci su u relativno lošem stanju i brzina vozova je veoma mala [3].



Grafikon 1. *Starost pruga u Srbiji*

Da bi zemlja postala deo Transevropske transportne mreže do 2030. godine potrebno je bolji kvalitet usluga železničkog transporta, mnogo bolje održavanje infrastrukture železničkih koloseka i poštovanje evropskog zelenog dogovora o očuvanju životne sredine.

2. Uticaj stanja železničke infrastrukture na bezbednost

Stanje na magistralnim i regionalnim prugama javne železničke mreže u R.Srbiji ukazuje na dugogodišnje nedovoljno ulaganje u održavanje pouzdanosti elemenata infrastrukture. To je doprinelo značajnom smanjenju pouzdanosti, a samim tim i smanjenju brzina na najznačajnijim prugama. Smanjenje pouzdanosti infrastrukture rezultira smanjenju konkurentnosti železničkog saobraćaja u odnosu na druge vidove saobraćaja. Posmatrajući kompletnu železničku mrežu R.Srbije može se zaključiti da je situacija daleko od zadovoljavajuće, jer je jako mali deo mreže u zadovoljavajućem stanju [3]. Upravljač, usled nedostatka drugih rešenja, najčešće prilikom dijagnostifikovanja lošeg stanja infrastrukture, primenjuje uvođenje laganih vožnji – smanjenje brzine saobraćaja, kao meru kontrole rizika. Usled navedenog, prosečne brzine su slične pa čak i niže nego što je bio slučaj pre 20 godina,

uprkos značajnim ulaganjima u rehabilitaciju i obnovu pojedinih deonica u prethodnom periodu.

Utvrđeno je da su najčešći uzroci nesreća i nezgoda koje se dešaavaju na javnoj mreži pruga u Republici Srbiji, loše stanje železničke infrastrukture zbog čega često dolazi do nesreća i nezgoda. Na osnovu Konačnih izveštaja o istrazi nesreće i Godišnjih izveštaja, koje objavljuje Centar za istraživanje nesreća u saobraćaju, samo u 2017. godini, dogodio se veliki broj značajnih nesreća na teritoriju javne železničke mreže u Republici Srbiji [4]. Najčešći uzroci nesreća su iskliznuća loše stanje elemenata gornjeg stroja – pragova i pričvrsnog pribora kao i deformacije u geometriji koloseka [5]. Velika je verovatnoća da bi veliki broj nesreća bio izbegnut da je pravovremeno izvršena dijagnostika stanja geometrije koloseka, utvrđena značajna odstupanja od eksploatacionih graničnih vrednosti i izvršeno potrebno mehanizovano održavanje.

3. Nacionalna metodologija za dijagnostiku stanja koloseka

U skladu sa propisima koji su nasleđe zajedničkih železnica iz doba Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije, karakteristike koloseka koje se mere su definisane Uputstvom o jedinstvenim kriterijumima za kontrolu stanja pruga na mreži JŽ („Sl. glasnik ZJŽ", broj 6/01), u daljm tekstu - Uputstvo 339, koje je prilagođeno tehničkim karakteristikama mernih kola koja su se koristila u to vreme a kojima upravljač javne železničke infrastrukture u Republici Srbiji raspolaže i danas, EM – 80L. Parametri koji se mere putem mernih kola su:

- širina koloseka,
- vitopernost,
- smer koloseka,
- nadvišenje spoljne šine u krivini i
- stabilnost koloseka.

Na osnovu kombinacija ovih parametara kao i veličine odstupanja i dužine deonice na kojoj su odstupanja konstatovana, određuju se tri grupe grešaka A,B i C. U grupu grešaka A spadaju sve greške do kojih nije potrebno planiranje i izvodjenje radova, u grupu B greške usled kojih je potrebno planiranje i izvođenje radova i u grupu C greške koje zahtevaju hitno otklanjanje ili smanjenje brzine.
Stanje koloseka se ocenjuje na osnovu ukupne dužine grešaka u grupama B i C na dužini od jednog kilometra. Stanje koloseka može biti vrlo dobro, dobro, zadovoljavajuće i nezadovoljavajuće, u zavisnosti od ukupne dužine grešaka u metrima.
Ovaj postupak se i danas primenjuje na celokupnoj, kako javnoj mreži pruga tako i na svim industrijskim železnicama i industrijskim kolosecima [8].

4. Evropska metodologija za dijagnostiku stanja koloseka

Uvođenjem tehničkih specifikacija interoperabilnosti (TSI) u cilju implementacije evropske regulative, parametri koloseka koji se mere kao i celokupan postupak dijagnostike stanja koloseka, definisani su grupom standarda SRPS EN 13848. Sami parametri za merenje geometrije koloseka definisani su standardom SRPS EN 13848-1, [6,7].

- širina koloseka – predstavlja rastojanje između unutrašnjih strana dve naspramne šine u koloseku, mereno na 14 mm ispod vozne površi šine,

- vertikalni profil – predstavlja profil glave šine, meri se relativna visina šine na dužinama 35 - 70 m,
- horizontalni profil – meri odstupanje srednje linije koloseka u podužnoj uspravnoj ravni od projektovanog smera koloseka,
- visinska razlika između šina (nadvišenje) - razlika u visini između dve vozne šine u bilo kojoj tački merenja (može se nazvati i nadvišenjem iako je to termin karakterističan za razliku u visini šina u horizontalnim krivinama,
- vitopernost koloseka – algebarska razlika između dve normalna preseka koloseka na definisanoj udaljenosti, obično izražen kao nagib (u procentima ili mm/m) između dve tačke merenja.

Za svaki od parametara definisane su metode merenja, opseg talasne dužine merenja, rezolucija merenja, dozvoljena merna nesigurnost, opseg merenja, analitička metoda, zahtevi za izlaznim podacima i dr.
Tolerancije za svaki parametar su date u tri grupe nivoa kvaliteta koloseka:

- AL – Alert limit – odnosi se na vrednost koja, ako je prekoračena, zahteva da se stanje geometrije koloseka analizira i uzme u obzir pri planiranju redovnog održavanja,

- IL - Intervention limit – odnosi se na vrednost koja, ako je prekoračena, zahteva korektivno održavanje kako se IAL ne bi dostigla pre sledećeg pregleda,

- IAL - Immediate action limit – odnosi se na vrednost koja, ako je prekoračena, zahteva preduzimanje mera za smanjenje rizika od iskakanja iz šina na prihvatljiv nivo (npr. zatvaranjem pruge, smanjenjem brzine – uvođenjem laganih vožnji ili pomoću korekcija - izmena geometrije koloseka). Tolerancije za IAL su propisane standardom na osnovu iskustva i teorijskih razmatranja interakcije točka i šine [9,10].

5. Inteligentni merni sistem za ispitivanje stanja železničkih pruga u realnom vremenu

Motivacija za ovakvo jedno rešenje nastala je na osnovu podataka da je u Republici Srbiji u 2017 i 2018 godini bilo preko 140 rizičnih događaja na železnici, a samo u 2019 godini bilo ih je 95. Od svih rizičnih događaja preko 90% su se dešavali na železničkim kolosecima. Rešenje je realizovano pomoću namenskog originalnog uređaja za merenje i analizu geometrijskog stanja koloseka. Kolosek se ispituje u oba smera vožnje. Na taj način se bez prisustva osoblja za kontrolu i nadzor povećava i poboljšava operativna pouzdanost železničkih koloseka i postiže maksimalna bezbednost na železnici.

Uređaj se sastoji iz niza senzora i sklopova za merenje stanja železničke pruge, kao i računarske aplikacije za grafički prikaz i dijagnostiku dobijenih rezultata. Podaci se snimaju (memorišu) na MMC/SD karticu, a onda mogu da se prebace na računar, Lap top, Tablet ili trajno memorišu u računarsku bazu monitoring centra. Podaci mogu i putem ONLINE veze (Interneta) da budu dostavljeni do centralnog monitoring računarskog centra, tako da se ima pregled stanja na koloseku u realnom vremenu. Geometrijsko stanje koloseka na ekranu može da se prikaže u obliku dijagrama, grafikona ili numerički na različitim podlogama.

Podaci o koloseku se prikupljaju tokom kretanja voza. Uređaj se postavlja u voz, a softver je napisan na bazi veštačke inteligencije (Fuzzi Logic, Neural Netvorks i Bee Coloni

Optimization). Na osnovu dobijenih podataka sa senzora softver analizira greške na koloseku, definiše prioritet među greškama i daje predloge za uklanjanje svih identifikovanih nedostataka na koloseku po prioritetima.

U softveru je omogućeno da se prikaže ukupan broj grešaka (deformacija) na određenoj deonici ili sumarno na celom koloseku za sve parametre koji su određeni grupnim standardom SRPS EN 13848. Sve greške na koloseku, na osnovu standarda SRPS EN 13848 - 1 podeljene su u tri grupe.

A- vrednosti po parametrima za koje nije potrebno planirati i izvoditi radove,
B- greške zbog kojih treba planirati radove za njihovo otklanjanje,
C- greške koje su iznad eksploatacionih granica i koje zahtevaju hitno otklanjanje ili smanjenje brzine.

Svaki menadžer železničke infrastrukture može da postavi granične vrednosti parametara koloseka u skladu sa svojom politikom održavanja koloseka. Stanje koloseka ocenjuje se na osnovu ukupne dužine grešaka na šinama u grupama B i C na dužinama od jednog kilometra. Softverski paket koji je razvijen na bazi veštačke intelegencije analizira podatke sa senzora i donosi odluke o stanju koloseka i o prioritetima otklanjanja eventualno utvrđenih nedostataka koloseka (lomovi, naprsline, oštećenja …).

Za analizu dobijenih rezultata koriste se izabrane podužne razmere koje su usaglašene sa GPS na osnovu kojih se pored prikaza pojedinih elemenata geometrijskog stanja koloseka vide i ostali neophodni podaci o stanju koloseka. U perspektivi je predvidjena mogućnost ugradnje posebnih HD kamera, koje bi prikazivale sliku koloseka, objekata i terena. Te slike bi se memorisale na MMC/SD karticu a onda trajno memorisale u računarsku bazu. Kamere bi bile sinhronizovane sa određenim davačima tako da se snimanje ne bi vršilo kontinualno, nego samo po potrebi, odnosno prilikom detektovanja kritičnih uslova, koji su inicijalno postavljeni.

Uređaj tokom kretanja voza ispituje i meri geometrijske parametre koloseka kao što su: uzdužni nivo leve i desne šine, poravnanje leve i desne šine, poprečni nivo koloseka, torziju, zakrivljenost, poluprečnik nagiba i sam nagib.

U poređenju sa sličnim uređajima, kao što su merna kola, uređaj je višestruko ekonomičniji i praktičniji za upotrebu. U praksi se najčešće za ispitivanje geometrije koloseka koriste merna kola. Ali su ona jako skupa, reda nekoliko miliona evra i zahtevaju redovno održavanje, obuku određenog broja radnika za njihovu upotrebu, brzine su im manje, zauzimaju kolosek tokom merenja, a samim tim utiču na redovne usluge na železničkoj mreži. Pre manje od godinu dana, Infrastrukture Železnice Srbije a.d. kupile su jedna ovakva merna kola čija je cena bila 2,2 miliona evra.

Na tržištu postoje slični uređaji koji se postavljaju u samo železničko vozilo i služe za dijagnostiku stanja koloseka tokom redovne vožnje, ali nisu bazirani na veštačkoj inteligenciji. Neki od tih uređaja su: ENSCO (SAD), ASC German Sensor Engineering (Nemačka), Aarsleff Rail A/S (Danska), itd.

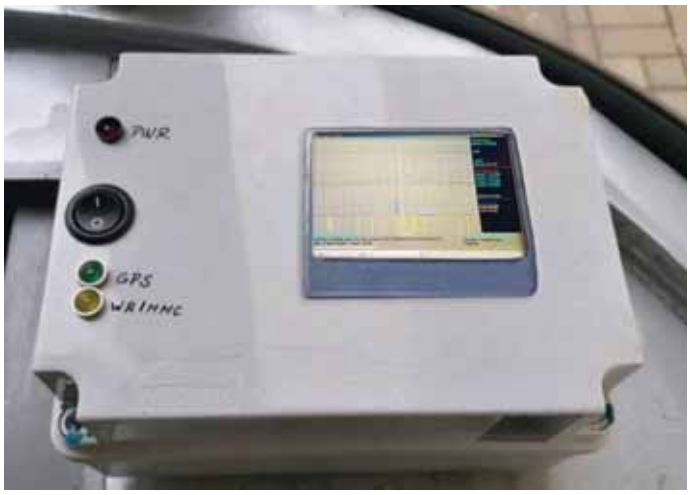
6. Hardver i softver inteligentnog mernog sistema

Uređaj se sastoji od 9 optičkih/ultrazvučnih senzora, GPS prijemnika i sklopova za merenje stanja koloseka, kao i računarske aplikacije za grafički prikaz i dijagnostiku dobijenih rezultata.

- senzori za merenje horizontalnog i vertikalnog razmaka između šina
- senzori za merenje kosine nasipa pruge
- senzori za detekciju ubrzanja i usporenja

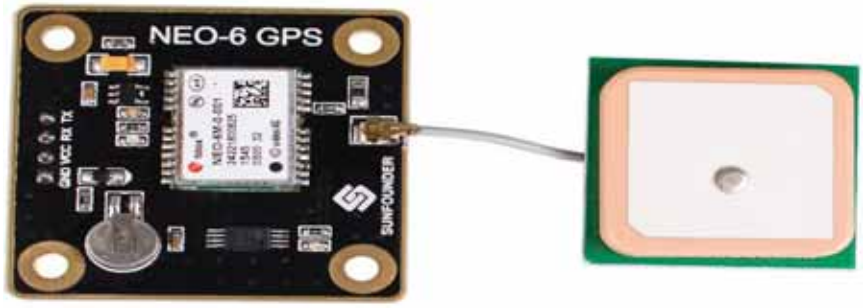
- laserski merač temperature koloseka
- sklop za merenje buke
- senzori za detekciju neprirodnih ulegnuća ili uzvišenja na koloseku
- senzori za uzdužni nivo leve i desne šine
- senzori za poravnanje leve i desne šine
- senzori za merenje zakrivljenosti šina
- GPS prijemnik

Vizuelni izgled uređaja prikazan je na slici 2.



Slika 2. *Vizuelni izgled uređaja*

Jedan od sastavnih delova uređaja je žiroskopski modul NEO – 6. Na slici 3 prikazan je fizički izgled žiroskopskog modula NEO-6 zajedno sa patch antenom [11].



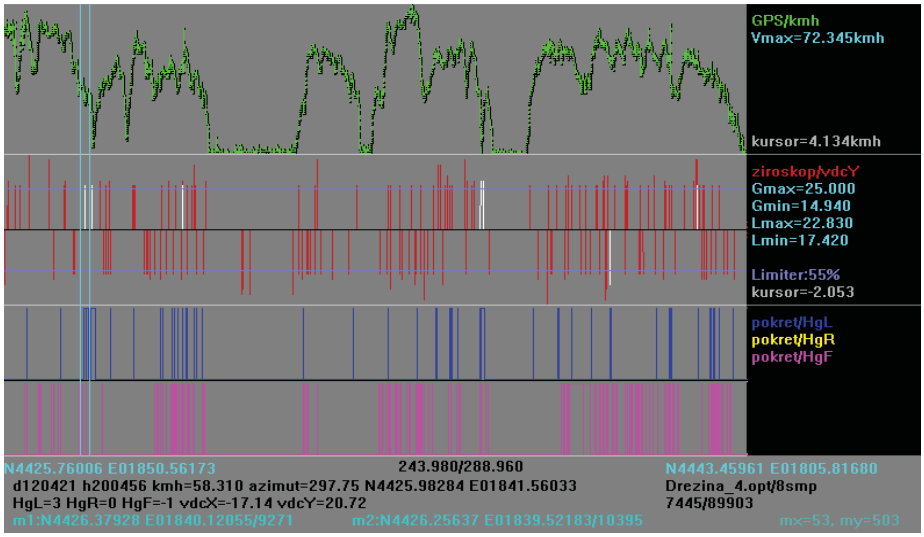
Slika 3. *Žiroskopski modul NEO – 6* [11]

U modulu se nalazi i punjiva baterija koja omogućava dugotrajno čuvanje postavki konfiguracije. Modul radi s jednosmernim naponom u rasponu od 3,3 do 5 V. Takođe je razvijen i algoritam za zaštitu podataka koji je imlementiran u mikrokontroler [12, 13].

Za obradu podataka izrađena je softverska aplikacija na bazi veštačke intelegencije, koja vrši memorisanje i obradu podatke dobijenih sa senzora. Na ekranu je omogućeno prikazivanje broja grešaka (deformacija) na određenom segmentu deonice, kao i na celom

koloseku za sve parametre koji su određeni standardom SRPS EN 13848. Prikazivanje grešaka je moguće u različitim bojama, kroz različite slike, grafikone, numerički ili geografske karte.

Izgled grafikona koji je dobijen testiranjem uređaja u Bosni i Hercegovini na deonici Doboj - Živinice prikazan je na slici 4.



Slika 4. *Grafikoni – vrednosti sa davača i senzora*

Sa slike se vide četiri horizontalna grafikona u različitim bojama.
Prvi grafikon (zeleni) prikazuje funkciju promene azimuta kretanja i brzinu kretanja lokomotive.
Drugi grafikon (crveni) prikazuje promene vrednosti Y- ose žiroskopa. Prag reakcije je fleksibilan i moguće ga je postaviti na različite vrednosti poremećaja. Trenutno izabrana vrednost iznosi 55% od maksimalne zabeležene deformacije na trasi.
Treći i četvrti grafikon (plavi i ljubičasti) prikazuju živine senzore pokreta NAPRED/NAZAD i LEVO/DESNO.
Sa dijagrama se uočavaju i dve vertikalne svetlo plave linije koje predstavljaju mesto deformacije na trasi. Softver samostalno postavlja ove dve vertikalne linije kao mesto potencijalne deformacije šina na trasi. Da bi se videli detalji deformacije šina na trasi potrebno je da se ove dve vertikalne linije uveličaju i softver će onda prikazati detalje informacija.

7. Prikazivanje deformacije koloseka na različitim podlogama

Prikazivanje lokacije na topografskoj karti na deonici Doboj – Živinice na osnovu GPS pozicije prikazano je na slici 5. Na gornjem segmentu topografske karte vidi se tačna i precizna GPS pozicija na kojoj je nastala deformacija šina. Pozicija je obeležena pointerima plave boje p21 i p22.

Slika 5. *Prikaz deformacija šina na topografskoj karti*

Na slici 6, prikazan je deformacija koloseka *na Google earth* podlozi. Balon žute boje predstavlja poziciju deformacije koloseka.

Slika 6. *Prikaz trase i pointera na Google earth podlozi*

Na slici 7 prikazan je deformacija koloseka *na Google Maps* podlozi. Balon plave boje predstavlja poziciju deformacije koloseka.

Slika 7. *Prikaz pointera na Google Maps*

8. Zaključak

Predloženo rešenje predstavlja inteligentni merni uređaj koji može da se koristi za dijagnostiku stanja na železničkim kolosecima, a samim tim se poboljšava operativna pozdanost i bezbednost železničke infrastrukture. Realizovan je u digitalnoj tehnologiji i koristi veštačku inteligenciju. Može da se koristiti za dijagnostiku deformacije šina po kojima idu brzi/spori vozovi, tramvaji, vozila metroa, teretni vozovi i vozove za prevoz opasnih materija. Uređaj je pouzdan, ekonomičan i jednostavan za upotrebu. U poređenju sa sličnim uređajima (merna kola), njegova cena je nekoliko puta niža.

Podaci se snimaju (memorišu) na MMC/SD karticu ili putem ONLINE veze (Interneta) mogu da budu dostavljeni do centralnog monitoring računarskog centra. Tako da se ima trenutni pregled stanja na koloseku. Sa njim se lakše upravlja operacijama održavanja železnice, nema potrebe za fizičkim pregledom šina, u slučaju nesreće ili incidenta dostupni su svi podaci o stvarnom stanju železničkih pruga. Može da se koristiti u svim klimatskim uslovima i ne zagađuje životnu sredinu.

9. Literatura

[1] A. Bauranov (2016), *The Port of Piraeus – Opportunity for Railways in South East Europe*, dostupno na adresi (globalrailwayreview.com), pristupljeno 26. februara 2023. godine.
[2]Ministarstvo građevinarstva, saobraćaja i infrastrukture, dostupno na adresi (https://www.mgsi.gov.rs/cir/projekti/term/195) pristupljeno, 26. februara 2023. godine.
[3] Compass Lexecon i Karanović & Partners, *Tržište prevoza robe u železničkom saobraćaju u Republici Srbiji*, 10. jun 2020. godine.
[4] Godišnji izveštaj za 2017. godinu, *Centra za istraživanje nesreća u saobraćaju,* broj 340-00-4/2018-2-40-1 od 5. septembra 2018. godine.
[5] *Izveštaj Direkcije za železnice o stanju bezbednosti u železničkom saobraćaju za 2020. godinu*, broj 340-1065/2021 od 28. septembra 2021. godine.
[6] SRPS EN 13848-1:2003
[7] SRPS EN 13848-5:2008
[8] R. H. Hronik, *Apparatus for high-speed measurement of track geometry*, patent, 1970.
[9] M. Benfield, *The modern gauging process*, Journal and Report of Proceedings of the Permanent Way Institution, vol. 127, no. 3, pp. 128–130, 2009.
[10] E. Yazawa, *Track inspection technologies*, Railway Technology Avalanche, 2003.
[11] NMEA-0183 Protocol Description - NMEA - *National Marine Electronics Association*, https://www.nmea.org/
[12] Spherebot - Seid Saleh, https://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:957832/FULLTEXT01.pdf
[13] Gyroscope L3G4200D, https://www.electronicwings.com/components/l3g4200d-mems-motion-sensor

Dr Dragan Ugrinov[1]
Dr Magdalena Nikolić[2]

Originalni naučni rad
UDK 628.4.046:[007:528.9

MOGUĆNOST KORIŠĆENJA GIS-A U UPRAVLJANJU INFEKTIVNIM MEDICINSKIM OTPADOM

Rezime

Upravljanje medicinskim otpadom definisano je kao skup mera koje obuhvataju sakupljanje, razvrstavanje, pakovanje, obeležavanje, skladištenje, transport, tretman i bezbedno odlaganje medicinskog otpada.

Medicinski otpad koji nastaje pri pružanju zdravstvene zaštite na teritoriji Republike Srbije uklanja se propisanim metodama po uzoru na razvijene evropske države, što Srbiji omogućava da ide u korak sa savremenim tendencijama i praksama zbrinjavanja otpada u Evropi i svetu. Preporučene metode za postupanje i odlaganje navedenih vrsta medicinskog otpada smatraju se bezbednim metodama tretmana opasnih tokova medicinskog otpada u skladu sa preporukama Svetske zdravstvene organizacije. Prema dostupnim podacima, zdravstvene ustanove razdvajaju najčešće infektivni medicinski otpad („žuti tok otpada") u najvećoj količini, kao deo opasnog medicinskog otpada, potom farmaceutski otpad sa svojim potkategorijama (crveni i „ljubičasti tok otpada" – citostatski otpad), a zatim patoanatomski („boja zemlje – braon boja", hemijski („crveni tok otpada") i ostale tokove otpada. Svaka od navedenih podkategorija otpada je prema Katalogu obeležena indeksnim brojem i zahteva adekvatno razdvajanje, pakovanje, obeležavanje, privremeno skladištenje i odlaganje u skladu sa propisima. Okvir ovog istraživanja izgrađen je oko količine infektivnog otpada covid -19 koji se stvara u seoskim zdravstvenim centrima, GIS analize kovid -19 puteva, nedostatka opreme i nedovoljnih resursa. Loše upravljanje otpadom u zemljama sa niskim prihodima povezano je sa ekonomskim statusom društva i njihovim slabim ekonomsko-socijalnim okruženjem. U tu svrhu razvijena je nova metodologija za definisanje dva glavna opasna medicinska pokazatelja koji odražavaju efekte prevoza zaraznog medicinskog otpada. Ova studija je pokazala efekte medicinskog otpada za vreme pandemije kovida 19 preko indikatora zdravstvenog rizika i finansijskog pokazatelja prenosa otpada. Ovo istraživanje ima za cilj da da brzu procenu potencijalno zaraznog kovid-19 medicinskog otpada koji je nastao u DZ Šumadijskog Upravnog okruga Republike Srbije; identifikovati kritična pitanja u vezi sa transportom infektivnog otpada; da prikaže troškove transfera po građaninu, rutu prevoza i da prikaže količinu otpada koji se prenosi. Analiza indikatora pokazala je da su troškovi transfera veoma visoki u poređenju sa postupanjem u vezi sa infektivnim otpadom. Takođe, utvrđen je povećani nivo rizika za građane koji žive duž ruta transfera. Analiza troškova u potpunosti opravdava preporuku organizovanja centralnih mesta tretmana što bliže mestu generisanja medicinskog otpada.

Ključne reči: zdravstveni rizik, covid 19, infektivni medicinski otpad, GIS analiza, tretman.

PhD Dragan Ugrinov

[1]PhD. Dragan Ugrinov, https://orcid.org/0000-0002-5387-820X, Zavod za javno zdravlje Pančevo, ugrinov.dragan@gmail.com

[2] PhD. Magdalena Nikolić, https://orcid.org/0000-0002-2021-153X, Fakultet za inženjerski menadžment, Univerzitet „Union-Nikola Tesla" Beograd, magdalena.nikolic@fim.rs

PhD Magdalena Nikolić

POSSIBILITY OF USING GIS IN THE MANAGEMENT OF INFECTIOUS MEDICAL WASTE

Summary
Medical waste management is defined as a set of measures that include collecting, sorting, packaging, marking, storing, transporting, treating and safely disposing of medical waste.

Medical waste generated during the provision of health care on the territory of the Republic of Serbia is removed using prescribed methods modeled on developed European countries, which enables Serbia to keep up with modern tendencies and practices of waste management in Europe and the world. The recommended methods for handling and disposal of the mentioned types of medical waste are considered safe methods of treatment of hazardous streams of medical waste in accordance with the recommendations of the World Health Organization. According to available data, health institutions separate the most infectious medical waste ("yellow waste stream") in the largest amount, as part of hazardous medical waste, then pharmaceutical waste with its subcategories (red and "purple waste stream" - cytostatic waste), and then pathoanatomical waste ("earth color - brown color"), chemical ("red waste stream") and other waste streams. According to the Catalog, each of the listed subcategories of waste is marked with an index number and requires adequate separation, packaging, labeling, temporary storage and disposal in accordance with regulations The framework of this research is built around the amount of infectious covid-19 waste generated in rural health centers, GIS analysis of covid-19 roads, lack of equipment and insufficient resources. Poor waste management in low-income countries is linked to the economic status of the society and their weak socio-economic environment. For this purpose, a new methodology was developed to define two main dangerous medical indicators that reflect the effects of transporting infectious medical waste. This study showed the effects of medical waste during the covid-19 pandemic through a health risk indicator and a financial indicator of waste transfer. This research aims to provide a quick assessment of the potentially infectious covid-19 medical waste that was generated in the DZ of the Šumadija Administrative District of the Republic of Serbia; identify critical issues related to the transport of infectious waste; to show the transfer costs per citizen, the transport route and to show the amount of waste being transferred. The analysis of the indicators showed that the transfer costs are very high compared to the handling of infectious waste. Also, an increased level of risk for citizens living along the transfer routes was determined. The cost analysis fully justifies the recommendation of organizing central treatment sites as close as possible to the place of medical waste generation.

Keywords: Health risk, covid-19, optimization, infectious medical waste, GIS analysis, treatment.

UVOD

Koronavirusna bolest 2019 (COVID-19) kao pandemija je postala globalno pitanje [1]. Situacija koja je juče bila samo loš medicinski menadžment, sada predstavlja sredstvo za prenošenje COVID-19 na pacijente i svo bolničko osoblje, kao i stanovništvo koje živi na putevima za transport ifektivnog medicinskog otpada [2]. Prema SZO [3], sav medicinski otpad Koji je nastao od momenta izbijanja pndemije treba da bude smatran visoko rizičnim-opasnim.Neadekvatno postupanje, nepromišljen odnos prema infektivnom otpadu dovodi do kontaktog prenosa na stanovništvo, i stvara zagađenje svih parametara životne sredine [4]. Ovaj tok otpada se transportuje u obližnje regionalne centre, zdravstvene ustanove opremljene autoklavima za sterilizaciju i drobilicama. Nažalost, u Srbiji nema drugih savremenih postrojenja za tretman infektivnog medicinskog otpada, posebno spalionica. Od pandemije COVID-19, ovo je ozbiljan problem koji utiče na kvalitet života u populaciji ljudi koji žive u ruralnim područjima, posebno deo stanovništva koji živi na infektivnim putevima transporta ove vrste otpada [5].

Analitički okvir (Run-through the problem).

Srbija ne raspolaže pouzdanim i javnim podacima o količini medicinskog infektivnog otpada tokom pandemije COVID-19, ali iste informacije kažu da je 2,3 puta veći nego u periodu pre pandemijske krize. Podaci za grad Vuhan u Kini ukazuju da su građani generisali skoro 247 tona medicinskog otpada dnevno u vrhunacu pandemije i to oko šest puta više nego pre pandemije [6]. Sa porastom slučajeva COVID-19 u gradu, izlaz medicinskog otpada se takođe povećao na 110–150 tona dnevno [7]. Imajući u vidu situaciju u Vuhanu u Kini [8], infektivni medicinski otpad covid19 porastao je dva puta.

Okvir ovog istraživanja izgrađen je oko količine infektivnog otpada covid -19 koji se stvara u seoskim zdravstvenim centrima, GIS analize covid -19 puteva, nedostatka opreme i nedovoljnih resursa[9]. Loše upravljanje otpadom u zemljama sa niskim prihodima povezano je sa ekonomskim statusom društva i njihovim slabim ekonomsko-socijalnim okruženjem. U tu svrhu razvijena je nova metodologija za definisanje dva glavna opasna medicinska pokazatelja koji odražavaju efekte prevoza zaraznog medicinskog otpada.

Oba pokazatelja pokazuju upravljanje zaraznim otpadom u odabranim oblastima [10]. Za ovu svrhu, razvija se nova metodologija za definisanje dva glavna opasna medicinska indikatora koji odražavaju efekte prenosa infektivnog medicinskog otpada:

1) ZDRAVSTVENI POKAZATELj prenosa otpada: Ovaj pokazatelj predstavlja visok nivo zdravstvenog rizika za građane koji žive na putu prenosa. Vrednosti otpada izračunavaju se kao količina otpada koji se prenosi po jednoj ruti u litrima nedeljno / broj građana koji žive duž ove rute. Ove vrednosti su izražene u litrima / građanima nedeljno. Pokazatelj zdravlja je broj čiji opseg može biti između 1 i 6 (5,3 puta je povećana količina otpada u Vuhanu). Ovaj indikator odražava opasnost po zdravlje ljudi. Autor je definisao da vrednosti od 1 do manje, od 2 znače visok rizik, vrednosti veće od 2 i manje od 3 znače vrlo visok rizik i vrednosti veće od 3 i manje od 6 znače izuzetno visok rizik, a vrednosti veće od 5 znače rizik od šoka zdravstvenog društva.
2) FINANSIJSKI POKAZATELj prenosa otpada: Ovaj indikator predstavlja finansijski rizik na visokom nivou za društvo u celini. Finansijski pokazatelj

izračunat je kao trošak prenosa količine otpada za prenosni put / broj građana kojima je otpad prebačen za ovu rutu. Ovaj pokazatelj predstavlja finansijski rizik na visokom nivou za društvo u celini. Finansijski pokazatelj je broj čiji obim može biti veći od 1. Ovaj pokazatelj odražava finansijske efekte na društvo. Autor je definisao da vrednosti između 1 i 1,3 znače visok rizik, vrednosti veće od 1,3 do 1,6 znače vrlo visok rizik i vrednosti veće od 1,6 do 1,8 znače izuzetno visok rizik, dok vrednosti veće od 1,8 znači rizik od šoka finansijskog društva. Pored toga, slučajno smo izabrali okruge, zatim domove zdravlja i sela u ruralnim oblastima, kako bismo prikazali analizu puta uticaja infekcije kovid -19 pomoću softverske aplikacije GIS. Ovo istraživanje ima za cilj da pruži brzu procenu potencijalno zaraznog medicinskog otpada kovid -19 koji nastaje u ruralnom području; da identifikuje kritična pitanja u vezi sa prevozom zaraznog otpada; [11]. prikazati troškove prenosa po građanima kojima je otpad prenet za svaku rutu i predstaviti količinu otpada koji se prebacuje predstavljajući visok rizik za građane koji žive duž puteva prenosa, na primeru Šumadijskog upravnog okruga.

Procena toka otpada COVID-19 u zdravstvenim ustanovama u zemljama sa niskim prihodima generiše u proseku 0,2 kg. Prema Institutu za javno zdravlje Srbije, procenjena proizvodnja zaraznog otpada i COVID-19 otpada , prema Mihai (2020), može se izračunati primenom:

(Na nacionalnom nivou) Mv = Broj aktivnih slučajeva COVID-19 dnevno × Mvgr (kg • krevet • dan – 1), gde je Mvgr = stopa stvaranja medicinskog otpada — 1 kg • krevet • dan − 1 broj aktivnih slučajeva dostupan je na https://vvv.vorldometers.info/coronavirus/#countries na nacionalnom nivou.

(Na subnacionalnom nivou) Mv = potvrđeni slučajevi KOVID-19 dnevno × Mvgr (kg • krevet • dan − 1).

Rezultati i diskusija

U Šumadijskom okrugu ustanovljeno je/planirano je tri CMT/LMT.

1. CMT DZ Kragujevac je zadužen za osam dodatnih mesta za sakupljanje otpada.
2. CMT Centralna klinika Kragujevac obuhvata i Institut javnog zdravlja Kragujevac, Zavod za hitnu medicinsku pomoć i Zavod za stomatologiju.
3. Uz to, ustanovljeno je i dodatno LMT u Opštoj bolnici Aranđelovac sa 130 ležajeva. Ovo mesto za tretman je zaduženo za tretman otpada iz Doma zdravlja Aranđelovac.

Količine infektivnog medicinskog otpada u Šumadijskom upravnom okrugu, po zdravstvenim ustanovama primerne zdravstvene zaštite dati su u tabeli 1 [12].

Tabela 1. Količine generisanog infektivnog otpada u primarnim zdravstvenim ustanovama

Mesto generisanja	Broj gravitirajućeg stanovništva	Infektivni otpad dnevno (kg)	Ingektivni otpad (l) dnevno	Infektivni otpad nedeljno (l)	Broj kontejnera zapremine 240 l nedeljno
DZ Batočina	91659	3	30	210	1 x 240l (2x120l)
DZ Knić	102291	3	30	210	1x 240l (2x120l)
DZ Lapovo	58026	2	20	140	1x 240l (2x120l)
DZ Rača	152232	4	40	280	2x 240l
DZ Topola	250000	7	70	490	3 x 240l
Zavod za zdravstvenu zaštitu radnika	291612	10	100	700	5 x 240l

Izvor: Obrada autora

Tabela 2. Udaljenost zdravstvenih ustanova od mesta za tretman (u km)

Razdaljina (km)	CMT	DZ Batočina	DZ Knić	DZ Lapovo	DZ Rača	DZ Topola	ZZZZ radnika
CMT (centralno mesto za tretman)	0	27	17	16	19	40	3,5
DZ Batočina	27	0	50	4	17	67	30.5
DZ Knić	17	50	0	54	49	63	30
DZ Lapovo	16	4	54	0	19	47	19.5
DZ Rača	19	17	49	19	0	41	22.5
DZ Topola	40	67	63	47	41	0	43.5
Zavod za zdravstvenu zaštitu radnika	3.5	30.5	20.5	19.5	22.5	43.5	0

Izvor podataka: Insitut ZJZ Kragujevac

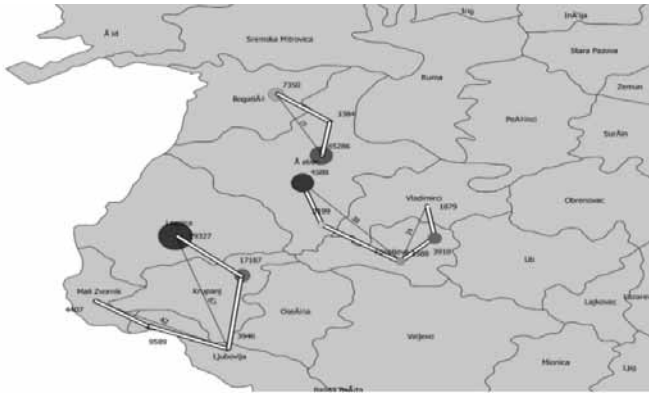
Da bi otpad stigao do mesta za tretman, potrebno je određeno vreme i rute kojima se vozilo za transport kreće. U Tabeli 3. Dato je potrebno vreme od primarne ustanove do CMT otpada.

Tabela 3. Vreme potrebno za prevoz infektivnog otpada do CMT

Vreme transporta (min)	CMT	DZ Batočina	DZ Knić	DZ Lapovo	DZ Rača	DZ Topola	ZZZZ radnika
CMT	0	40	26	25	30	60	10
DZ Batočina	40	0	70	10	30	80	40
DZ Knić	26	70	0	70	60	80	30
DZ Lapovo	25	10	70	0	30	65	31
DZ Rača	30	30	60	30	0	60	32
DZ Topola	60	80	80	65	60	0	60
Zavod za zdravstvenu zaštitu radnika	10	40	30	31	32	60	0

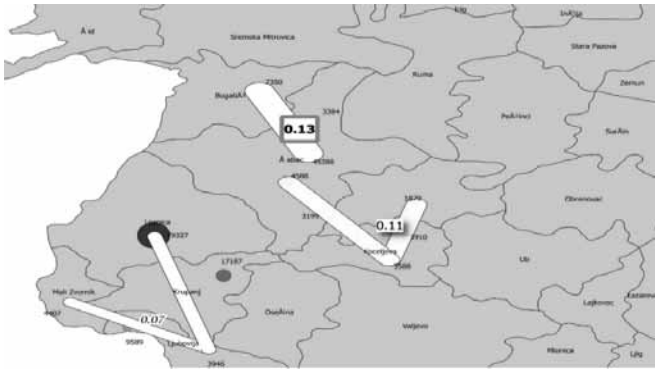
Izvor: Terenska obrada podataka autora

Korišćenjem geografskog informacionog sistema, KGIS, verzija KGIS 2.18, identifikovani koreni medijalnog prenosa zaraznog otpada predstavljeni su na Slici 1. Tanka linija predstavlja liniju prenosa, a dvostruka linija povezuje tačku na kojoj se sakuplja otpad iz okolnih sela. U Šumadijskom okrugu postoje tri rute: *Transportna ruta 1* trasira putanju od DZ Rača preko Topole do Kragujevca, *Transportna ruta 2*. trasira putanju od DZ Batočina preko Lapova do Kragujevca; *Transportna ruta 3*. trasira putanju od DZ Knić do Kragujevca.. Tanke linije predstavljaju pravce prenosa. Dvostruke linije predstavljaju vezu sa selima zajedno sa matičnom ustanovom.



Slika 1. Transportne rute / obrada autora

Na Slici 2 date su vrednosti po stanoviku za trasport infektivnog otpada nedeljno.

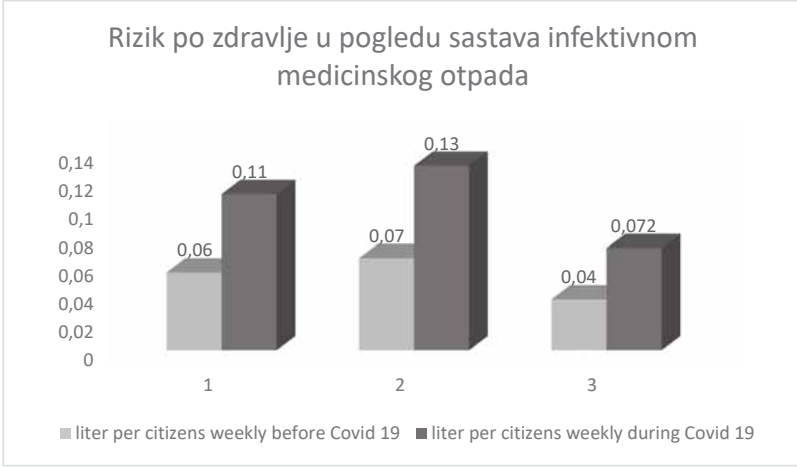


Slika 2. Indeksi transporta IMO po stanovniku/nedeljno
Izvor: obrada autora

Povećan broj pacijenata sa kovidom povećava zaraznu količinu otpada. Sa sigurnošću trvdimo da, transport medicinskog otpada covid 19 povećava rizik od širenja virusa covid 19 među stanovništvom u okrugu Šumadija. Očigledno je da su se tokom pandemije zdravstveni pokazatelji, kao i zarazni covid 19 otpad, na osnovu proračuna zdravstvenih pokazatelja za sva tri pravca regiona Šumadije, udvostručile.

Slika 3 nam jasno pokazuje indeks rizika po zdravlje sa trendom rasta pre i tokom pandemije covida 19.

Slika 3. Rizik po zdravlje u pogledu sastava infektivnog medicinskog otpada.



Zaključak

Povećan broj pacijenata sa covidom povećava količinu generisanog infektivnog otpada. Samim tim povećava se i količina transportovanog infektivnog medicinskog otpada kroz naseljena mesta i rutama za prevoz kroz Šumadijski upravni okrug. Direkto analizom uvršđeno je da je kako zravstveni tako i finansijski rizik udrvostručen. To sa sobom povlači dupliran rizik i od akcidentalnih situacija, a samim tim i rizik za kontaminacijiu životne srednine duplira.

Ekonomski trškovi trasporta i cene koštanja prevoza IMO, porasle su 2,5 puta u odnosu pre i po pojavi pandemije covid 19. Nedvosmisleno je ukazano da je dužina trasportne rute i vreme potrebno za transport infektivnog otpada u direknoj korelaciji sa povećanim rizikom po zdravlje stanovništva, životnu sredinu i akcidente na navedenim rutama.

Predviđena rastuća količina medicinskog otpada posmatranog Okruga, zahteva povećanje postojećih kapaciteta obrade i neutralizacije i primenu novih održivih rešenja. GIS analizom došlo se do saznanja o indeksu porasta generisanja infektivnog medicinskog otpada 2-2,75 puta. Indikativno je zaključiti da je sa stanovišta zaštite zdravlja stanovništa, zdravstvenih radnika i životne sredine neophodno ustanoviti sistem u kome će se obrada infektivnog otpada obavljati u ustanovama generisanja.

Kapacitet instaliranih autoklava može da bude uvećan povećanjem njihovog radnog vremena, kako bi se izbegla dodatna ulaganja. Decentralizacijom mesta za tretman na lokalnom nivou dobili bi adekvatnije, i sa aspekta očuvanja životne sredine održivo rešenje u manipulaciji sa medicinskim otpadom i njegovom konačnom dispozicijom na teritoriji ispitivanog Upravnog okruga.

Troškovi nastali u vezi sa transportom (vozilo, vozač, manipulator, energenti, održavanje) za vreme pandemije covid 19 povećan je za 1,8 puta. Ovakva opšta epidemiološka situacija se nije mogla predvideti, a samim tim solventnost zdravstvene ustanove je dovedena u ozbiljnu ugroženost zbog nastalih troškova jer iste moraju nadohnaditi iz sopstvenih sredstava jer nisu ugovorene sa Republičkim Fondom.

Literatura

[1] You, S., Sonne, C., Yong, S.O. (2020) "COVID-19's unsustainable waste management." Science. 368(6598), 1438.
[2] Powell-Jackson, T., King, J.J., Makungu, C., Spieker, N., Woodd, S., Risha, P., Goodman,C. (2020) Infection prevention and controlcompliance in Tanzanian outpatient facilities: across-sectional study with implications for thecontrol of COVID-19. The Lancet Global Health. (8), 780-789.
[3] WHO, World Health Organization. (2019) Water, sanitation, hygiene, and waste management for the COVID-19 virus, Interim guidance. 2019. Available from: https://apps.who.int/ iris/bitstream/handle/10665/331846/WHO2019-nCoV-IPC_WASH-2020.3-eng.pdf. (22.02.2023:)
[4] Datta, P., Mohi, G.K., Chander, J. (2018) Biomedical waste management in India: critical appraisal. J. Lab. Physicians. 10 (1), 6–14.
[5] Stanojević, K., Radovanović, G., MakajićNikolić, D., Savić, G., Simeunović, B., Petrović, N. (2020) Selection of the optimal medical waste incineration facility location: A challenge of medical waste risk management. Vojnosanitetski Pregled. (00), 72-72.
[6] Singh, N., Tang Ogunseitan, O.A. (2020) Environmentally sustainable management of used personal protective equipment. Environ. Sci. Technol. 54(14), 8500-8502.
[7] Wei, G. (2020) Medical waste management experience and lessons in covid-19 outbreak in Wuhan, Waste Management. Available from: https://www.waste360.com/medicalwaste/medical-waste-management-experienceand-lessons-covid-19-outbreak-wuhan, Access date:14.07.2020
[8] Pažun, B., Langović, Z., Milićević, A.L. (2016) Equilibrium Real Exchange Rate Assessment of the Serbian Dinar: The MB approach. Journal for Economic Forecasting, Institute for Economic Forecasting. 19(1), 76-87.
[9] Pazun B., Nikolic M., Grujicic Z., Ugrinov D., Langovic Z., Optimization model of infectious medical waste disposal using IT tools case of Serbia, Fresenius Environmental Bulletin (2022) Vol. 31, No 09/2022, pp. 9417-9423. (IF (2021)=0,618; ISSN 1018-4619) http: https://www.prtparlar.de/download_feb_2022/ Access date:14.02.2023.
[10] Nikolic M., Tomasevic V., Kranjac M., Pazun B., Ugrinov, D., GIS analysis of SARS-CoV-2 spreading minimization via infectious medical waste transported through densely populated areas, Fresenius Environmental Bulletin (2022) Vol. 31, No 04/2022, pp. 4525-4535. (IF2021=0,618; ISSN 1018-4619) http: https://www.prt-parlar.de/download_feb_2022/ Access date: 04.03.2023.
[11] Ilić, M., Nikolić, M. (2016) Drivers for development of circular economy–A case study of Serbia. Habitat International. 56, 191-200.
[12] Institute of Public Health of Serbia "Dr. Milan Jovanović Batut", Reports, (2020) COVID19 statistic in Serbia, Available from:
https://covid19.data.gov.rs/infectedhttps://data.gov.rs/sr/datasets/covid-19-dnevni-izveshtajinstituta-za-javno-zdravlje-srbije-ozarazhenim-litsima-na-teritoriji-republikesrbije/ Access date:16.02.2023.

Darko Manjenčić[1]
Vladan Mićić[2]
Anja Manjenčić[3]

Originalni naučni rad
UDK 621.315.6+66.018.9]:007.52

PROJEKTOVANJE STRUKTURE SILIKONSKIH NANOKOMPOZITNIH MATERIJALA KOJI IMAJU PRIMENU U VEŠTAČKOJ INTELIGENCIJI

Sadržaj/Izvod

Roboti su elektro-mehanička jedinica koja se koristi za izvođenje zadataka opasnih, teških ili napornih za ljude. Na primer sakupljanje nuklearnog otpada ili slaganje velikog broja žica prema boji, kao i repetitivne poslove gde se zahteva istrajnost i preciznost, kao što je sklapanje motora i šasije automobila. Mogu da zamene ljude u hazardnim okruženjima ili proizvodnim procesima, i mogu da podsećaju na ljude po izgledu, ophođenju, i sopstvenom razmišljanju. Mnogi današnji roboti su inspirisani prirodom i razvijeni su u okviru bioinspirisane robotike. Rad na ovim robotima je isto tako doveo do kreiranja nove grane robotike: mekane robotike. Cilj ovog rada je da dođemo da saznanja gde se danas nalazimo na polju mekane robotike odnosno šta je učinjeno. Materijali na bazi polisiloksana mogu da budu najbolja moguća alternativa za dobijanje mekanih delova robota. Bitno je napraviti pravi izbor umrežavajućih sistema koji mogu odgovoriti na ovakve zahteve. Pri projektovanju sirovinskog sastava elastomera, veoma je bitno izvršiti takav izbor polaznih prekursora koji će nakon procesa umrežavanja dati materijal za specifične uslove eksploatacije. Za primenu kao inženjerskog materijala je od posebnog značaja mogućnost projektovanja svojstava, tj. strukturiranje materijala, koje može biti ostvareno na nekoliko nivoa i na različite načine. Upravo tu mogućnost pružaju kompozitni materijali na osnovu umreženih ansambala makromolekula. U toku procesa umrežavanja makromolekula, izborom vrste i količine komponenata dobijaju se materijali željene elastičnosti, mehaničkih i hemijskih karakteristika. Silikoni, odnosno, polisiloksani, su zasigurno jedna od najinteresantnijih klasa elastomernih materijala. Već decenijama imaju veliki značaj kako u akademskom, tako i u industrijskom proučavanju, te su polja, u kojima se pronalazi njihova primena mnogobrojna (elektronika, proizvodi za ličnu negu, strukturno inženjerstvo i tekstili, medicina i sportska oprema i dr.). Silikoni, zbog svojih izvanrednih svojstava, su predodređeni za biomedicinsku primenu jer su bioinertni, transparentni i imaju izuzetnu propustljivost kiseonika. Međutim, ovi materijali se uglavnom odnose na dimetilsiloksan strukturu, koja je poznata po svojoj biokompatibilnosti, u polimernim stanjima. Odlična biokompatibilnost je, delom, zbog niske hemijske reaktivnosti, niske površinske energije i hidrofobnosti polidimetilsiloksana. Istraživanje je bilo usmereno da se odrede karakteristike regularnih razgranatih mreža kao i da se ustanovi mogućnost umrežavanja linearnih organofunkcionalnih siloksana. Na osnovu dobijenih rezultata analize mehaničkih svojstava silikonskih nanokompozita trebalo je da se razjasni mehanizam interakcije polimer/punilo i omogući predviđanje ponašanja silikonskih nanokompozita pri različitim uslovima eksploatacije. Za sintezu su korišćeni vinil-funkcionalizovani siloksani kao i polisiloksani, uz dodatak nanopunila. Umrežavanje sistema na bazi polidimetildisiloksana kao

[1] Visoka škola strukovnih studija za menadžment i poslovne komunikacije - Beograd, Ratarski put 8a, Zemun-Beograd. 11283; Evropski univerzitet Brčko distrikt, Bijeljinska 72-74, Brčko 76100, Bosna i Hercegovina, manjend@gmail.com

[2] Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Tehnološki fakultet Zvornik, Karakaj 34a, 75400 Zvornik, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina, micicvladan@yahoo.com

[3] Univerzitet u Beogradu, Medicinski fakultet, Dr Subotića 8, Beograd, Srbija manjencica1@gmail.com

i njihovih blendi izvođeno je na temperaturi od 80˚C u vakuumu. Hemijska struktura dobijenih materijala je potvrđena na osnovu FTIR analize, koja je potvrdila pretpostavljen mehanizam umrežavanja korišćenih silikonskih prekursora. Uticaj nanopunila na mehanička i termička svojstva dobijenih silikona je detaljno izučavan, pri čemu je prisutan jasan trend poboljsanja mehaničkih svojstava silikona sa dodatkom nanopunila. Uticaj nanopunila (silicijum(IV)oksida) na toplotna svojstva silikona je potvrđen na osnovu rezultata DSC analiza. Iz grupe linearnih organofunkcionalnih siloksana u poslednje vreme, difunkcionalni α, ω – organofunkcionalni siloksani su sve više u cetru pažnje nauke i industrije, kao reaktivni reagensi za sintezu organskih polimera. Tri kooperativna uticaja unutrašnja fleksibilnost, karakteristike lateralnog pakovanja individualnih makromolekula i prisustvo intermolekulskih privlačenja predstavljaju veoma osetljiv sistem faktora koji se moraju posmatrati ukoliko se žele dobiti definisana svojstva. Na osnovu ovoga hemijskim dizajniranjem podešavana je struktura mreža i vremenski praćen stepen kritične konverzije umrežavajućih materijala.

Ključne reči: elastomeri, mekana robotika, nanokompoziti, silicijum dioksid, silikon

Abstract

Robots are electro-mechanical units that are used to perform tasks that are dangerous, difficult or laborious for humans. For example, collecting nuclear waste or arranging a large number of wires according to color, as well as repetitive tasks where perseverance and precision are required, such as assembling the engine and chassis of a car. They can replace humans in hazardous environments or production processes, and can resemble humans in appearance, behavior, and their own thinking. Many of today's robots are inspired by nature and have been developed within bio-inspired robotics. Work on these robots also led to the creation of a new branch of robotics: soft robotics. The goal of this work is to find out where we are today in the field of soft robotics, that is, what has been done. Polysiloxane-based materials can be the best possible alternative for obtaining soft robot parts. It is important to make the right choice of networking systems that can respond to such requirements. The choice of starting network precursors for elastomeric material preparation is highly important in order to obtain materials for specific types of expolatation. For applications as an engineering material, the possibility of designing properties is of special importance, ie. structuring of materials that can be achieved on several levels and in different ways, and this possibility is provided by composite materials based on cross-linked ensembles of macromolecules. During the cross linking of macromolecules, with the choice of type and quantity of the components, it is possible to fine tuning material flexibility, mechanical and chemical characteristics. Silicones, more precisly polysiloxanes, are for sure one of most interested class of elastomeric materials. For decades silicones are under huge interest of academical and industrial researches so the fields of their potentially usage are broad (electronics, personal care products, structural engineering and textiles, medicine, sports equipment...). Silicones, because of their extraordinary properties are predestined for biomedical purposes because they are bioinert, transparent and they have excellent oxygen permeability. Great biocompatibility is partly because of its low chemical reactivity, low surface energy and hydrofobicity of polydimethylsiloxane. The purpose of this work was to determine branched structures and charachteristics of linear organofunctionals siloxanes. The aim was to further clarify the mechanism of polymer / filler interaction based on the obtained results of analysis of mechanical properties of silicone nanocomposites and to enable prediction of silicone nanocomposites behavior under different operating conditions. For synthesis were used vinyl-functionalized siloxanes and also polysiloxanes with adding of

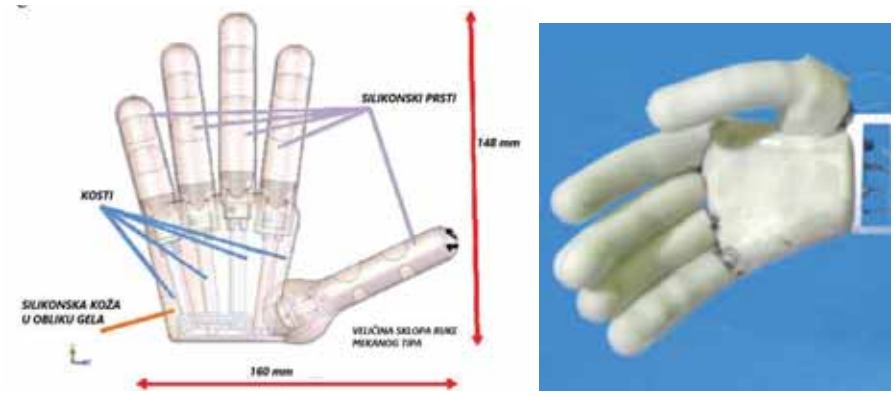
nanofillers. Cross linking of materials based on polydemitylsiloxanes and theis compounds was performed on 80˚C in vacuum. The chemical structure of the obtained materials was confirmed on the basis of the FTIR analysis, which confirmed the assumed mechanism of crosslinking of used silicone precursors. The influence of nanofillers on the mechanical and thermal properties of the obtained silicon is studied in detail, wherein was present a clear trend of improvement of mechanical properties of the silicone with the addition of nanofillers. Influence of nanofillers on the thermal properties of the silicone is confirmed based on DSC results. From this group of linear organic functional siloxanes, dysfunctional α and ω – organic functional siloxanes are more in focus of science and economy in recent times, as they are reactive ageneses for synthesis of organic polymers. Three cooperative influences are their inner flexibility, characteristic of lateral packing of individual macromolecules and presence of intermolecular attraction represent sensitive system of factors which have to be observed in order to acquire defined properties.

Keywords: elastomers, soft robotics, nanocomposites, silica, silicones

1. Uvod

Današnji industrija i društvo imaju povećanu potrebu za kolaboracijom ljudi i robota na proizvodnim linijama u servisnoj robotici, na medicinski rehabilitacionim uređajima i egzoskeletima koji pomažu kod fizički teških zadataka. Kako svi pomenuti uređaji i roboti moraju da rade u neposrednoj blizini čoveka, neophodne bezbednosne mere moraju biti uzete u razmatranje da bi se obezbedila bezbedna fizička interakcija između čoveka i robota i interakcija robota sa okruženjem. Različiti periodi tehnološkog razvoja imali su različite metode za osiguravanje bezbednosti ljudi. Najpre, roboti su instalirani u ograđenom prostoru koji je sprečavao fizički kontakt sa ljudima. Kako se javila potreba da ljudi rade u blizini sa robotima, okolina robota je postala nestruktuirana, a samim tim i nepredvidiva što je dovelo do novih izazova. Da bi se obezbedila bezbedna interakcija robota sa okolinom razvijen je upravljački algoritam koji robota posmatra kao mehaničku impedansu. Mana ovakvog pristupa je što se bezbedna interakcija ostvaruje samo u završnom uređaju robota, a u svim ostalim tačkama robot je i dalje krut. Razvojem nove generacije robota sa novim inženjerskim materijalima koji omogućavaju bolju fleksibilnost u svim zglobovima, omogućeno je da se kontroliše krutost svakog segmenta robota pojedinačno kroz upravljačku strukturu. Napuštanjem paradigme neophodnosti krutih veze između aktuatora i zgloba robota, kao i pokušaja eliminacije svih vrsta elastičnosti u prenosu mehaničkog sistema robota i posmatranja elastičnosti kao neželjene, dovelo je do razvoja popustljivih aktuatora. Novom generacijom aktuatora koji imaju ugrađenu popustljivost, realizovanu upotrebom tehnologije fleksibilnih mehaničkih zglobova (pasivna popustljivost) prevaziđeni su nedostaci koji postoje kod popustljivosti ostvarene kroz upravljačku strukturu. Krutost (engl. stiffness) i popustljivost (engl. compliance) predstavljaju inverzne fizičke veličine, ali se terminološki obe koriste da opišu aktuatore i zglobove kao i čitave robotske sisteme koji imaju elastično ponašanje, tj. ponašaju se kao opruge. Roboti imaju određenu strukturu koju prati nekontrolisana krutost, i iz tih razloga mora se raditi na promeni strukture mehanizma koja se zove strukturno kontrolisana krutost (engl. Structure-controlled stiffness). Da bi se kontrolisala krutost potrebno je menjati vrednost inercije, dužine elementa ili Jangov modul elastičnosti. Kruti udovi i prsti otežavaju robotima da drže i manipulišu sa predmetima, pre svega misli se da ne mogu da ispuste predmet ili da ga ne zgnječe. Mnoge istraživačke laboratorije za računarske nauke i veštačku inteligenciju pokušavaju da otkriju rešenje za navedene probleme, i u tome se sve više oslanjaju na nove inženjerske materijale na bazi silikona. Osnovni zadatak koji treba ostvariti mora biti osposobljena ruka za bezbedno hvatanje, prepoznavanje i zadržavanje

predmeta. Najveći izazov je napraviti mekan oblik ruke koja može da podiže i rukuje predmetima koji su delikantni kao jaje i npr., tanki kao compakt disk. Roboti su često ograničeni u radu sa objektima različitih veličina i materijala. Hvatanje je važan korak u obavljanju korisnih zadataka i ovim radom smo pokušali da pokaženo mogućnost korišćenja silikona kao elastičnih materijala za obavljanje datih funkcija kod robota. Novi nekonvencionalni materijali na bazi silikona mogu u budućnosti biti rešenje za predmete kao što su teniske loptice, Rubikova kocka, različiti oblici igračaka za decu. Mnogi istraživači potvrđuju da ”meki roboti” imaju brojne prednosti u odnosu na ”tvrde robote”, uključujući sposobnost rukovanja predmetima nepravilnog oblika, ubacivanja predmeta u uske prostore i lakog oporavka od sudara. Robot sa krutim rukama imaće mnogo više problema sa podizanjem predmeta, i biće mu potrebno dosta više vremena za obavljanje funkcije hvatanja predmeta. Mekani roboti predstavljaju intrigantnu novu alternativu. Međutim, jedna mana njihove dodatne fleksibilnosti (ili „usaglašenosti“) je to što često imaju poteškoća da precizno izmere gde se neki objekat nalazi, ili čak i da li su ga uopšte uspešno podigli. Tu sledeću radnju obavljaju senzori savijanja, različiti algoritmi ali to već nije pregled ovog rada. Robotska ruka napravljena od silikonske gume je izabrana zbog svojih kvaliteta da istovremeno može da bude relativno kruta, ali i dovoljno fleksibilna da se širi pod pritiskom klipova, slika 1, **[1, 2, 3, 4, 6].**



Slika 1. Sklop ruke robota koja prikazuje standardnu veličinu, sa silik. mekanim oblikom [5]

Suština procesa umrežavanja je hemijska reakcija između makromolekula, koji u prisustvu izabranih ubrzivača, aktivatora, punila, omekšivača itd., formiraju mrežu. Umrežavanje makromolekula predstavlja topološki kritični fenomen kada od ansambla linearnih lanaca nastaje trodimenzionalna mreža makromolekula. Umreženi polimerni materijali imaju veoma značajnu ulogu u mnogim industrijama kao što je građevinska industrija, industrija premaznih sredstava, smola, avio industrija, u biomedicini i farmaciji. Mogućnost umrežavanja makromolekula i konformaciona promenljivost lanaca spadaju u bazna svojstva, ne samo polimerne strukture, već molekulskog sveta uopšte. Elastične mreže su dugo privlačile pažnju relativno uskih krugova inženjera koji su se bavili proučavanjem proizvoda od gume. Savremeno dizajniranje bio-kompozitnih materijala, ne može se zamisliti bez polimernih mreža. Sa druge strane, elastične polimerne mreže kao primarne strukturne jedinice postaju predmet pažnje u naučnim disciplinama u kojima ranije nisu pominjane, kao što su medicina i biohemija, a dobijaju zasluženo mesto i u nizu drugih disciplina srodnih nauci o materijalima. Veze koje ostvaruju umreženje mogu biti hemijske (kovalentne) ili fizičke (prepletaji ili kristaliti) i one obezbeđuju karakterističnu strukturu i fizički integritet mreže. Polimerne mreže se mogu prikazati kao prostorne strukture u kojima je veći broj polimernih lanaca međusobno povezan kovalentnim vezama ili mostovima sastavljenim od više kovalentnih veza i mogu se

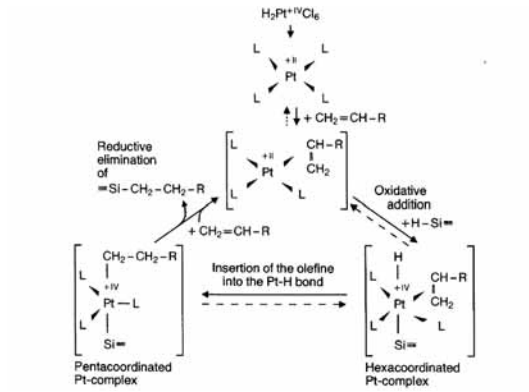
klasifikovati na razne načine: prema pravilnosti građe, prema mogućnosti rasta, po dimenzionalnosti itd. Mreže mogu biti dvodimenzionalne (slojevite, tj. listaste) i trodimenzionalne, regularne ili neregularne, homogene i nehomogene. U delimično regularne mreže spadaju tzv. makroporozne mreže u kojima polimerna supstanca nije statički raspoređena po zapremini materijala, već one imaju pore kroz koje lako ulaze rastvarači i rastvori. Regularno razgranate mreže sagrađene su od strukturno ekvivalentnih jedinica. Fizička svojstva elastomernih mreža direktno zavise od gustine hemijskih veza mreže odnosno od stepena umreženosti materijala. Silikonski materijali su dostupni u mnogim fizičkim oblicima: od tečnosti velike molekulske mase do nisko isparljivih tečnosti, mogu biti visokoelastična jedinjenja i umreženi elastomeri. Međutim, ovi materijali se uglavnom odnose na istu dimetilsiloksan strukturu, koja je poznata po svojoj biokompatibilnosti, u polimernim stanjima. Odlična biokompatibilnost je, delom, zbog niske hemijske reaktivnosti, niske površinske energije i hidrofobnosti polidimetilsiloksana [7]. Oni imaju poluorgansku molekularnu strukturu, u kojoj neorganska osnova, nalik na silicijum-dioksid, nosi pravilan raspored visećih metil grupa. U osnovnom lancu imaju siloksansku vezu, koja nastaje povezivanjem atoma silicijuma sa atomima kiseonika, kao što je to prikazano na slici 2. Homolitičko cepanje nije svojstveno polisiloksanima, jer njih karakteriše visoka energija veze (oko 106 kcal / mol) i polarnost.

Slika 2. Struktura linearnih poliorganosiloksana

Energija veze Si-O (~106 kcal) je za više od 20 kcal veća od C-C veza (83 kcal) i C-O veza (85 kcal) [8]. Zbog toga, termička energija potrebna za razbijanje polisiloksanske osnove, pod neutralnim pH uslovima, je mnogo veća nego kod većine ostalih polimernih materijala. Ova jačina veze je posledica tipa veze koja se javlja između silicijuma i kiseonika [9]. Siloksanske grupe čine glavni niz, koji se sastoji od atoma silicijuma i kiseonika, dok se organske grupe (koje sadrže atome ugljenika) povezuju bočnim granama, pa tako poliorganosiloksani predstavljaju kombinaciju organskih i neorganskih supstanci. Metil grupe, kao bočne grupe, štite polarnu siloksan osnovu i formiraju hidrofobni plašt sa veoma niskom međumolekularnom interakcijom. Metilne grupe duž lanca mogu biti supstituisane mnogim drugim grupama (npr., fenil, vinil ili trifluoropropil). Simultana prisutnost „organskih" grupa pričvršćena na „neorganske" osnove daje silikonima kombinaciju jedinstvenih svojstava i omogućuje njihovo korišćenje u područjima kao što su elektronika (električna izolacija), zdravstvu (izvrsna biokompatibilnost) ili u građevinskoj industriji (otpornost na vremenske uticaje) [10-12]. Takođe metil grupe mogu biti zamenjene nekim drugim organskim grupama ili atomima (npr vodonik, hidroksil, vinil, polietilen oksid, metoksi, fluorid grupe), u slučaju kada se traže određene hemijske i fizičke osobine, kao što su lepljenje na određenu podlogu, viši ili niži polaritet, bolja termostabilnost, povećana hidrofilnost, kompatibilnost sa drugim organskim materijalima ili ciljna reaktivnost. Ovakva sposobnost delovanja polidimetilsiloksana je ključna za transformaciju tečnosti ili veoma tečnih materija u termoplastične ili termoreaktivne materijale, koji su zastupljeni u elastomernim silikonskim premazima [13-15]. Industrija silikona intenzivno koristi reakciju silikonizacije sa platinom kao katalizatorom, gde silicijum-vodonik (Si-H) veza se dodaje preko nezasićene ugljenik-ugljenik dvostruke veze (C = C) jednog olefin jedinjenja, jednačina 1, što dovodi do formiranja silicijum-ugljenik (Si-C) veze [16-22].

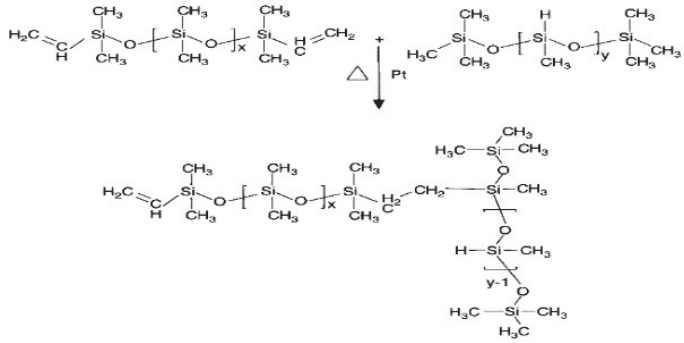
$$R_3SiH + H_2C{=}CHR \xrightarrow{Pt} R_3SiCH_2CH_2R \qquad (1)$$

Reakcija se može koristiti za sintezu monomera dobijanja silana i posle reakcije polimerizacije za dobijanje polimera polisiloksana sa ugljovodoničnim funkcionalnim grupama. Korišćenje katalizatora sa prelaznim metalom (to su uglavnom jedinjenja platine ili rodijuma) je danas postalo uobičajeno u hemiji silikona. Većina autora, koji su proučavali katalizatore sa prelaznim metalom, počinju sa mehanizmom koordinacije. Chalk i Harrod su formulisali sledeći mehanizam sa kompleksima oligomera aktivne platine u vinilsiloksanu: proces počinje sa redukcijom platine na nivou oksidacije od Pt^{+4}, do platine Pt^{+2}. Platina se onda adira sa olefinom, čime se formira pravi katalizator. Na trećem koraku, ≡ Si-H se oksidacijom dodaje katalizatoru. U četvrtom koraku, π-vezan olefin se ubacuje u jedinjenje platine i vodonika, i tako se formira σ-kompleks [23-26]. Chalk i Harrod smatraju da je ovo presudan korak. Poslednji korak je redukciona eliminacija krajnjeg proizvoda (Slika 3) [27-42].



Slika 3. Reakcioni mehanizam reakcije umrežavanja

U isto vreme, katalizator se obnavlja kada mu se doda olefin, i reakcioni ciklus može da krene ponovo. Koncentracija katalizatora od svega nekoliko ppm je potrebna za ove reakcije. Nekoliko organofunkcionalnih siloksana su dobijeni katalizom prelaznog metala [43-49]. Tako na primer, ako se krene sa vinilnim monomerom i reaguju dvostruke veze u reakciji sa slobodnim radikalima, dobiće se (uglavnom) linearni lanac. Ukoliko se doda divinil derivat u reakcionu smešu, $CH_2{=}CH\text{-}R_2\text{-}CH{=}CH_2$, dve dvostruke veze će učestvovati u izgradnji dva odvojena lanca i $\text{-}R_2\text{-}$ će postati most za umrežavanje u strukturi [50]. Reakcija adicije u silikonskim adhezivima i premazima nudi mnoge prednosti obrade. Reakcija adicije katalizovana platinom predstavlja posebno mesto za funkcionalne grupe na polimerima ili smolama, i može se javiti na relativno niskim temperaturama (čak i na sobnoj temperaturi), i ne proizvodi nijedan nusproizvod. Prema tome, reakcija adicije u silikonskim premazima može biti energetski efikasnija nego kod slobodno radikalske reakcije. Ovi reaktivni silikonski polimeri nastaju reakcijom između silicijum hidrogena (SiH) i veze silicijum vinil (Si-Vi), gde je platina katalizator, čime formiraju mrežu preko siletilen veza, kako je ilustrovano na slici 4.



Slika 4. Formiranje mreže silikonskog polimera preko siletilen veze i Pt katalizatora, reakcijama adicije

Brojni parametri se razmatraju kod reakcije adicije u silikonskim premazima, razmatra se struktura reaktivnog silikonskog polimera (vrsta i broj funkcionalnih alkenil grupa po molekulu i molekulskoj težini), vrsta i struktura umreživača, vrsta, funkcionalnost i struktura siloksan smole. Pošto su funkcionalni silikonski polimeri sve dostupniji, omogućeno je da se razvijaju reakcije adicije u silikonskim premazima. Reakcija adicije u smesi silikonskog premaza bi mogla dalje da uključi reaktivne razblaživače i aditive koji ciljaju na pojedine zahteve, a to su smanjenje koeficijenta toplotnog širenja, povećanje čvrstoće, ili poboljšanje visoko temperaturnih svojstava [51]. Postojeće metode za sintezu ne omogućavaju potpunu kontrolu unutrašnje strukture nastale mreže kod elastomernih materijala. Situacija je još složenija kod dobijanja elastomernih nanokompozitnih materijala. Elastomerni nanokompoziti su ojačani umreženi materijali koji imaju niske vrednosti modula elastičnosti i poseduju svojstvo velikih povratnih deformacija na njihovoj temperaturi primene. Veliki tehnološki napredak i sve veći zahtevi savremenog čovečanstva otvaraju put razvitku velikog broja novih funkcionalnih materijala. Naučnici su već potvrdili da mešavine različitih organskih i neorganskih materijala mogu da se odlikuju superiornijim svojstvima u poređenju sa materijalima iz kojih su dobijeni. Jedan od neophodnih uslova je dobra homogenost neorganske faze u matrici. Postalo je jasno da smanjenje veličine neorganske faze dovodi do homogenog dispergovanja što omogućava dalje manipulisanje sa svojstvima krajnjeg materijala na mikro i nano skali. Ovakvi materijali mogu pokazivati *hibridna* svojstva koja su daleko bolja od svojstava materijala iz kojih su dobijeni. Razvoj postupaka sinteze hibridnih materijala je svakako izazov za naučnike i postaje predmet izučavanja industrijske i akademske javnosti. Istraživanje na hibridnim materijalima s polimernom matricom počelo je 1985. godine radom Wen I Wilkesove grupe na modifikaciji polimera poli(dimetil-siloksana) (PDMS), $(-Si(CH_3)_2O-)n$, jer se pretpostavilo da će sličnost građe njegovog glavnog Si-O-Si lanca sa SiO_2 gelom olakšati povezivanje dveju faza. Time se postiglo uporedno punjenje i „vulkanizacija", tj. umreživanje tog elastomera, uz znatno poboljšanje mehaničkih svojstava. Nakon ovog otkrića istraživanja su se proširila praktično na sve vrste polimera, od elastomera preko plastomera do duromera, s celom lepezom neorganskih modifikatora. Istraživanja nanokompozitnih materijala se pretežno fokusiraju na relacije struktura–svojstva. Pošto polimerni nanokompoziti postaju stub savremene industrije polimernih materijala, trajnost tih materijala u različitim uslovima eksploatacije, kao i razgradnja nakon njihovog perioda upotrebe su isto tako suštinsko područje istraživanja. Karakterizacija strukture i mogućnost manipulacije u toku dobijanja nanokompozita predstavljaju velike izazove sa eksperimentalne tačke gledišta. Istraživanje ovih materijala je uglavnom empirijsko i krajnji stepen kontrole svojstava nije još u potpunosti ostvariv. Nastajanje stabilnih nanokompozita zavisi od termodinamike posmatranog multikomponentnog sistema. U slučaju smeše polimer-nanočestica, krajnja svojstva materijala

uslovljena su svojstvima nanočestica (veličinom, oblikom, fraktalnim dimenzijama) i svojstvima makromolekula (molekulska masa, struktura, polarnost i mogućnost ostvarivanja specifičnih interakcija sa česticama ili drugom vrstom ansambala makromolekula). U cilju dobijanja materijala sa željenim svojstvima važno je odrediti uticaje raznih faktora na krajnju strukturu i izolovati termodinamičke uslove koji su neophodni za stabilnu i uniformnu disperziju nanočestica u polimernoj matrici. Pored odabira pogodnog punila, svojstva nanokompozitnih materijala se mogu kontrolisati i odabirom polimerne matrice. Danas se sve veći broj polimernih materijala koristi kao polimerna matrica za dobijanje nanokompozitnih materijala različitih svojstava, ali se silikonski materijali sve više nameću kao pogodni sa aspekta dobijanja nanokompozita izvanrednih fizičko-mehaničkih svojstava. Međutim, zbog nekih karakterističnih svojstava kao što su: slaba reaktivnost, niska kompatibilnost s vodom i mala rastvorljivost u polarnim i nepolarnim rastvaračima, slaba mehanička svojstva, silikonski materijali nisu pogodni za određene primene. Sve više se proučava i istražuje kako poboljšati njihova svojstva i umanjiti nedostatke. Menjanjem dužine lanca, dodavanjem različitih organskih grupa u molekul polisiloksana, te dodatkom različitih punila mogu se promeniti njihova svojstva. Kreiranje nanokompozita dobijenih od umreženih ansambala silikonskih makromolekula tj. primena različitih prekursora mreža predstavlja stalan izazov u novim tehnologijama.

U ovom radu proučavan je uticaj strukture silikonskih materijala i dodatak nano punila na mehanička i toplotna svojstva silikonskih elastomera. U tu svrhu sintetisane su polimerne mreže sa prekursorima vinil i hidrogen silikona koji su dobijeni direktnom sintezom. Za dobijanje nanokompozita korišćeno je kao punilo silicijum dioksid, sa ciljem da se ostvari interakcija između punila i polimera na supramolekularnom nivou. Komunikacija između čoveka i robota je najvažnija osobina okruženja čovek-mašina. S obzirom na brz razvoj senzorske tehnologije i poboljšanja robotske inteligencije za očekivati je u skoroj budućnosti direktnu saradnju između čoveka i robota unutar zajedničkog radnog prostora uključujući i odgovarajuću komunikaciju. Uključivanje ljudskog ponašanja, pokreta, inteligencije i komunikacije su najvažnije osobine humanoidnih robota, koji može na sebi uključivati sve mekane materijale a polisiloksani su upravo ti funkcionalni materijali koji to mogu omogućiti.

2. Eksperimentalni deo

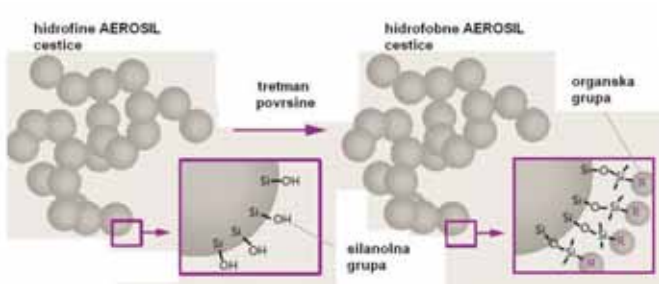
2.1 Materijali

Vinyl polydimethyldisiloxane - ViPDMSi sa sadržajem vinila 0,19 mmol/g, Mw 34 500 g/mol, viskozitet po Brukfildu na 20˚C 500 mPas. Methyl Hydrogen Polysiloxane - HPDMS fluid sa sadržajem vodonika 2,3 mmol/g, Mw 19 800 g/mol, viskozitet po Brookfieldu na 25˚C 210 mPas. Methyl silicone resin-silikonska smola sa sadržajem 20% aktivne komponente, Mw 5640 g/mol tipa $Me_nSiH_mO_y$, viskozitet na 25˚C 75 mPas. Kompleks platine u polidimetilsiloksanu koji sadrže vinil grupe sa sadržajem vinila 0,5 mmol/g, Brookfield viskozitet 20˚C 800 mPas. Silicijum(IV)oksid specifične površine 130 m^2/g i prosečne veličine primarnih čestica 16 nm (proizvođač Degussa). Silicijum(IV)oksid specifične površine 200 m^2/g i prosečne veličine primarnih čestica 12 nm (proizvođač Degussa).

2.2. Priprema uzoraka, priprema smeša za umrežavanje

Uzorci silikonskih elastomera su pripremljeni konvencionalnim postupkom. Odnos vodonikom funkcionalizovanih i vinilnih silikona je u svim uzorcima bio 1:1, a sinteze su rađene uz dodatak 0,2% katalizatora i 0,4% inhibitora retarda. Najpre su sve komponente mešane na sobnoj temperaturi na magnetnoj mešalici u trajanju od 1 sata pri brzini od 100 o/min. Zatim su uzorci izlivani u kalupe i umrežavani na 80 ˚C. Kako bi se ispitao uticaj dodatka nanopunila na svojstva silikonskih elastomernih materijala sintetisane su dve serije nanokompozita sa

dodatkom 1;2;4;5;7;10;15 i 20 mas% hidrofobnog i hidrofilnog nano SiO_2. Nanokompoziti su sintetisani tako što su nanočestice dodavane odmah u reakcionu smešu i mešane zajedno sa svim komponentama 1 sat, a pre izlivanja u kalup sonificirani u ultrazvučnom kupatilu 15 minuta. Neophodno je kreirati materijale u kojima će čestice biti pravilno dispergovane, u kojima će se smanjiti uticaj međumolekulskih sila i zadržati određena struktura materijala tokom određenog perioda neophodnog za ugradnju čestica u materijal, s ciljem da se izgradi materijal čije će osobine biti poboljšane prisustvom nanočestica. Suštinska razlika između hidrofilnog i hidrofobnog silicijum dioksida je zapravo u razlici između silanolnih i siloksan funkcionalnih grupa u okviru određenog silicijum dioksida. Hidrofobno ponašanje nastaje reakcijom hidrofilne silanolske grupe sa organskim grupama (Slika 5). Nakon ovog koraka obrade, organske grupe su vezane za površinu (kovalentnim vezama) i mogu se ukloniti samo procesom termičkog raspadanja, koji će takođe izmeniti strukturu hidrofilnog silicijum(IV)oksida.



Slika 5. Dijagram površinske obrade koja pretvara hidrofilni silicijum(IV)oksid u hidrofobni silicijum(IV)oksid

2.3. Metode karakterizacije silikonskih materijala

Mehanička svojstva

Mehanička svojstva, kao što su prekidna jačina i prekidno istezanje su određena na osnovu standarda ASTM 412-98a, primenom univerzalne mašine INSTRON model 1195 (Engleska) sa brzinom od 50 cm/min. Tvrdoća je određivana primenom standarda ASTM D2240 pomoću durometra model 306L tip A. Vrednosti za tvrdoću su iskazane kao (A Shore).

FTIR spektrofotometar

Uzorci silikona su snimljeni na FTIR spektrofotometru Thermo-Nicolet Nexus 670. Za snimanje je korišćen dodatak za oslabljenu totalnu refleksiju (ATR) sa jednom refleksijom na kristalu germanijuma. Za svaki uzorak korišćen je isti pritisak radi obezbeđivanja iste dubine penetracije zraka. Svaki uzorak je snimljen sa 100 skenova pri rezoluciji od 4 cm^{-1}. Kao detektor korićen je deuterisani triglicin sulfid DTGS. Za obradu spektara korišćen je softver Thermo-Nicolet Omnic 6.0.

Diferencijalno skenirajuća kalorimetrija

Toplotna svojstva silikonskih elastomera su analizirana na DSC Q20 uređaju, TA Instruments. Korišćene su hermetički zatvorene aluminijumske posudice sa 3-5 mg uzorka. Najpre su uzorci zagrevani od 35 °C do 180 °C u dinamičkom režimu pri brzini zagrevanja 10 °C min^{-1}, zatim ohlađeni do -90 °C pri brzini od 10 °C min^{-1}, i onda je vršeno zagrevanje do 200 °C, brzinom 10 °C min^{-1}. Prazne posudice su korišćene kao referentni uzorak. Kalibracija uređaja je izvršena pomoću indijuma.

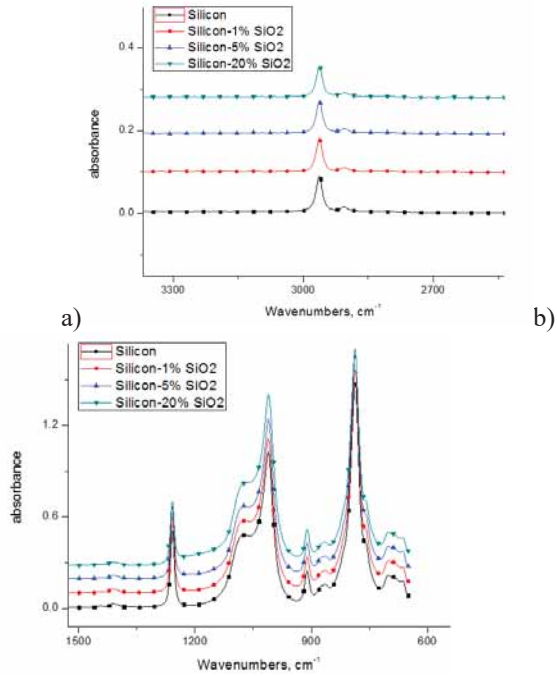
3. Rezultati i diskusija

U radu su prikazani FTIR spektri umreženih materijala dobijenih od prekursora mreže, kao što su ViPDMSi i HPDMS siloksanski elastomeri i njihove ViPDMSi/HPDMS smeše, sa različitim sadržajem nanopunila.

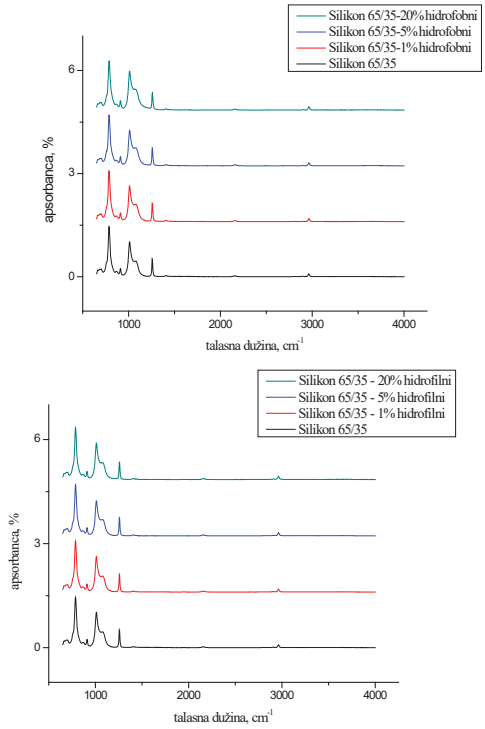
Rezultati FTIR analize molekulske strukture su prikazani na slici 6. i tabeli 1. Jasno se uočavaju karakteristični pikovi silikonskih materijala koji potiču od funkcionalnih grupa Si-CH_3, Si-O-Si, Si-C. Odsustvo pikova na talasnim dužinama većim od 3000 cm^{-1} pokazuje kvantitativno reagovanje C=C veza u vinilnim silikonima, što potvrđuje da je odabrani odnos reakcionih komponenti optimalan. Na slici 6. se takođe može videti da ne postoji hemijska interakcija nanopunila sa polimernom matricom, već dolazi do fizičkih interakcija, koje su rezultat istovetnosti hemijske strukture punila i matrice.

Tabela 1. Prikaz karakterističnih traka u FTIR spektru uzoraka silikonskih elastomera

Talasna dužina, cm^{-1}	Funkcionalna grupa
3000 - 2800 cm^{-1}	CH_3 i CH_2 grupa
1450 cm^{-1}	Asimetrično istezanje CH_3
~1420 cm^{-1}	CH_2 savijanje
~1260 cm^{-1}	Si-CH_3
~1250 cm^{-1}	$(CH_3)_3$ - Si
1130 - 1000 cm^{-1}	Si-O-Si
1000 cm^{-1}	Si-O
790 cm^{-1}	Si-C i CH_3 uvijanje



Slika 6. FTIR spektri silikonskih elastomera i njihovih kompozita



Slika 7. FTIR spektri umreženih siloksanskih elastomera dobijenih od ViPDMSi/HPDMS: 35/65 sa dodatkom 1, 5, 20 % hidrofilnog i hidrofobnog nanopunila

Na Slici 7 se takođe može videti da punilo nije hemijski reagovalo sa polimernom matricom, ali postojale su fizičke interakcije, kao rezultat strukturne sličnosti punila i matrice koje su pogodovale takođe jakim interakcijama između SiO_2 hidrofobnih punila i siloksanske matrice. Najviši Si-O opseg pomerao se na 1100 cm^{-1} u kompozitima koji sadrže hidrofilni silicijum(IV)oksid, što pokazuje slabije fizičke interakcije punila i matrice, slika 7. Na osnovu površinske aktivnosti i geometrijskog faktora punila, punilo-punilo i polimer-polimer su pokazali samo fizičku interakciju kao primarni mehanizam ojačanja. Dodatak nanočestica u siloksansku polimernu matricu dovodi do odsustva vibracija hidroksilne veze između 3200 cm^{-1} i 4000 cm^{-1} i znači da su površinske OH grupe silicijum dioksida uspešno vezane sekundarnim interakcijama (tipa vodoničnih veza) sa atomom silicijuma u siloksanskom delu u PDMS. Ovo se uočava kako kod uzoraka sa hidrofilnim, tako i sa hidrofobnim nanopunilima u odnosima elastomera gde imamo veći deo Methyl Hydrogen Polysiloxane – HPDMS.

Mehanička svojstva silikonskih elastomera

Merenja zatezne čvrstoće i prekidnog izduženja su urađena u skladu sa specifikacijama SRPS G. S2. 612 standarda. Ovo uključuje ispitivanje uzorka u obliku standardnih epruveta i pet uzoraka se meri za svaku datu tačku. Ispitivanja mehaničkih svojstava uzoraka pokazala su zavisnost mehaničkih svojstava od udela punila, sa povećanjem količine punila povećava se zatezna čvrstoća, tabela 2. Ova ponašanja mogu se objasniti na osnovu povećanja međumolekulske interakcije, efikasnijeg umrežavanja sa većim sadržajem punila.
Zatezna čvrstoća i istezanje pri kidanju su izračunati na osnovu sledećih jednačina:

$$\sigma_m = F_m / A_0$$

$$\varepsilon,\% = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%$$

gde je: F_m - sila izmerena kod kidanja (N); A_0 – površina poprečnog preseka (mm^2); Δl - promena dužine (mm); l_0 – početna dužina uzorka pre istezanja (mm).

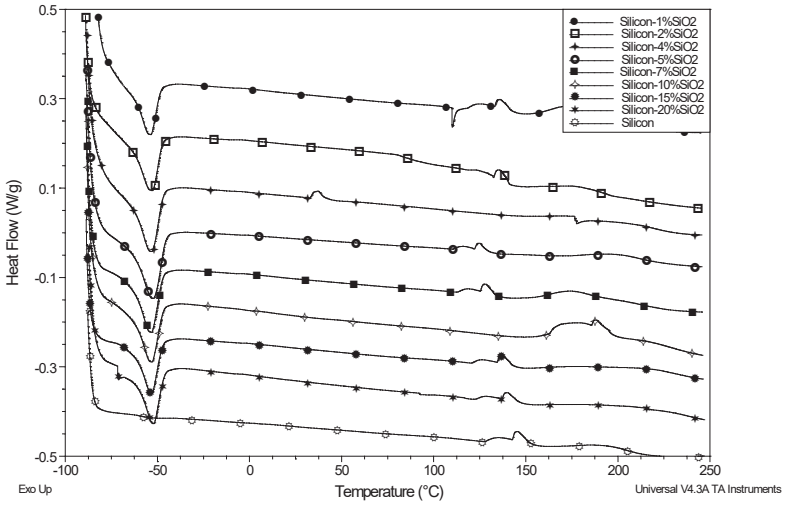
Tabela 2. Mehanička svojstva silikonskih elastomera i njihovih nanokompozita

Naziv uzorka	Zatezna čvrstoća (MPa)	Prekidno izduženje (%)	Tvrdoća (Šor A)
Silicon	1.5	26	60
Silicon-1%SiO_2	1.56	32	50
Silicon-2%SiO_2	1.9	34	65
Silicon-4%SiO_2	2	25	25
Silicon-5%SiO_2	2.5	32	56
Silicon-7%SiO_2	3.5	38	57
Silicon-10%SiO_2	3.7	38	65
Silicon-15%SiO_2	7	46	70
Silicon-20%SiO_2	9	43	73

Iz tabele 2 jasno se može zaključiti da dodatak nanosilicijum(IV)oksida dovodi do povećanja zatezne čvrstine uzoraka, pri čemu je povećanje značajnije sa većim udelima punila, uzorci sa 15 i 20 mas% punila. Prekidno izduženje takođe raste sa dodatkom punila, osim kod uzorka sa 4 mas% SiO_2, tako da punila pored povećanja čvrstine povećavaju i elastičnost silikonskih materijala. Ovo je očekivano s obzirom na hemijski sastav punila i matrice, tako da je pokazano da su punila silicijum dioksida veoma dobra za podešavanje svojstava silikonskih elastomera.

Analiza toplotnih svojstava silikonskih materijala

Uticaj silicijum(IV)oksida na toplotna svojstva silikonskih materijala je prikazan na slici 8. DSC termogrami ukazuju da sa dodatkom punioca u polimernu matricu dolazi do separacije faza i pojave topljenja mekih segmenata na temperaturama oko -50°C. Ovo se može pripisati smanjenoj pokretljivosti polimernih lanaca, zbog prisustva punioca i međusobne interakcije, što je potvrđuje pretpostavku o homogenoj disperziji punila u polimerne matrice i dobroj kompatibilnosti.



Slika 8. DSC termogrami silikonskog elastomera i njegovih kompozita

4. Zaključak

Silikoni, odnosno, polisiloksani, su zasigurno jedna od najinteresantnijih klasa polimera. Silikoni se izdvajaju od svih ostalih polimera po nizu jedinstvenih osobina. Pokazuju izuzetno veliku dinamičnost i ravnotežnu fleksibilnost, što dovodi do izvanrednih površinskih osobina i najniže temperature staklastog prelaza od svih polimera. Sama činjenica da silikoni zadržavaju svoju fleksibilnost u velikom temperaturnom rasponu daje im posebnu prednost, pogotovo kada su u pitanju niskotemperaturni uređaji. Takođe pokazuju izuzetnu stabilnost na visokim temperaturama, kao i prilikom oksidacije i redukcije. Ipak, zbog same činjenice da su silikoni veoma različiti i jedinstveni po svojim karakteristikama, proučavanje njihovih osobina još uvek nije završeno. U ovom radu je prikazan uticaj nanočestica na svojstva elastomernih materijala na osnovu različitih prekursora mreža umreženih platinom. Sinteza siloksanskih elastomera uključuje proces vulkanizacije kao rezultat umrežavanja linearnih siloksanskih polimera, tzv. reaktivnih polimera. Proces umrežavanja uključuje konverziju linearnih polimernih molekula u prostornu makromolekulu, što je posledica unakrsnih veza, tzv. mostova (čvorova) i formiranja veza između njih. Ustanovljeno je da dodavanje visokoaktivnog silicijum (IV) oksida dovodi do povećanja tvrdoće i zatezne čvrstoće. Jasno se može zaključiti da dodatak nanosilicijum (IV) oksida dovodi do povećanja zatezne čvrstoće uzoraka, pri čemu je povećanje značajnije sa većim udelima punila, uzorci sa 15 i 20 mas% punila. Prekidno izduženje takođe raste sa dodatkom punila, osim kod uzorka sa 4 mas% SiO_2, tako da punila pored povećanja čvrstine povećavaju i elastičnost silikonskih materijala. Poboljšanje mehaničkih svojstava je rezultat povećanja gustine umreženja za prekursore mreža (Vi-PDMS), tako da je pokazano da su punila silicijum dioksida veoma dobra za podešavanje svojstava silikonskih elastomera. FTIR spektroskopija je potvrdila pretpostavljenu strukturu polisiloksana i dobijenih silikonskih elastomernih nanokompozita. DSC termogrami ukazuju da sa dodatkom punioca u polimernu matricu dolazi do separacije faza i pojave topljenja mekih segmenata na temperaturama oko -50°C, što pokazuje da ovi umreženi slikonski materijali mogu da se koriste u različitim područjima.

5. Literatura

1. The WABIAN humanoid robot, https://www.csail.mit.edu/
2. OECD, "Population statistics," Organisation for Economic Co-operation and Development, http://www.oecd.org 2004.
3. The WABIAN humanoid robot, http: // www. shirai. info. waseda. ac. jp/humanoid/.
4. N. Endo, S. Momoki, M. Zecca, M. Saito, Y. Mizoguchi, K. Itoh, and A. Takanishi, "Development of Whole-Body Emotion Expression Humanoid Robot," in 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) Pasadena, CA, USA, 2008.
5. Y. Ogura, K. Shimomura, H. Kondo, A. Morishima, T. Okubo, S. Momoki, H.-o. Lim, and A. Takanishi, "Human-like Walking with Knee Stretched, Heel-contact and Toe-off Motion by a Humanoid Robot," in Intelligent Robots and Systems, 2006 IEEE/RSJ International Conference on, 2006, pp. 3976-3981
6. A. Kendon, Gesture: Visible Action as Utterance: Cambridge University Press, 2004.
7. Witt N, Tang Y, Ye L, Fang L. Silicone rubber nanocomposites containing a small amount of hybrid fillers with enhanced electrical sensitivity. Mater Des. 2013;45:548-554.
8. Xie Y, Geng C, Liu X, Xu S, Xing W, Zhang X, Zhang ZH, Zhang Y, Bi W. Synthesis of highly stable quantum-dot silicone nanocomposites via in situ zinc-terminated polysiloxane passivation. Nanoscale. 2017;9(43):16836-16842.
9. Why silicones behave funny, Michael J. Owen. Chemtech, 1981, 11, p. 288-292.
10. Hardman, B, Torkelson A. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering. In: New York; 1991.
11. Sanchez C., Ribot F., New Journal of Chemistry 18 (1994) 1007-1047.
12. Matějka L., Dukh O., Kolařík J., Polymer, 41 (2000) 1449-1459.
13. Kanar, N. 2006. Silicone PSAs: Trends in the east and west. In: Proceedings of 29th Pressure Sensitive Tape Council Technical Seminar, May 2006, Las Vegas, Nevada.
14. Okumura Y., Ito K., Adv Mater, 13 (2001) 485–7.,
15. Roy Shenar at al; Polymer mediated nanoparticle assembly; Advanced Materials, 2009.
16. Koerner G., Schulze M., Weis J., Silicones: chemistry and technology, Essen, Germany: Vulkan Verlag, 1991.
17. Dow Corning® Wound Management Silicones and Beyond, Dow Corning Corp., Healthcare Industries, Product Information Form No. 52-1042-01.
18. Dow Corning® Solutions for Scar Care, Dow Corning Corp., Healthcare Industries, Product Information Form No. 52-1049-01.
19. Pearce, C. Silicon chemistry and Applications, New York, NY: The Chemistry Society, 1972.
20. Brook, M. Silicon in Organic, Organometallic and Polymer Chemistry, New York, NY: Wiley Interscience, 2000.
21. Bulgakova S., Mazanova L., Semchikov D., Gribkov B. Synthesis of Polystyrene–Poly(methacrylic acid) Amphiphilic Block Copolymers by Free-Radical Polymerization Through Chain-Transfer and Hydrosilylation Reactions. Polymer Science Serie A, 48, 470–476, 2006.
22. Bode R., Ferch H., Fratzscher H. Gummi Asbest Kunststoffe, 20(12), 699-706, 1967.
23. Todani Y., Ueda A. Nippon Gomu Kyokaishi, 50(6), 379-385, 1977.
24. Warrick E., Pierce O., Polmanteer K., Saam J., Silicone Elastomer Developments, Rubber Chemistry and. Technolology, 52, 437-525, 1979.

25. Chen D., Chen F., Hu X., Zhang H., Yin X., Zhou Y. Thermal stability, mechanical and optical properties of novel addition cured PDMS composites with nano-silica sol and MQ silicone resin. Compos Sci Technol. 117, 307-314, 2015.
26. Eaborn, C. Organosilicon Compounds; Butterworth Scientific Publications: London, UK, 1960.
27. Barry, A. J.; Beck, H. N.; Stone, F. G. A.; Graham, W. A. G., Eds. Inorganic Polymers; Academic Press, Inc.: New York, 1962.
28. F. W. G. Fearon, High performance polymers, edit. R. Seymour and G. Kirsenbaum, Elsevier (1986).
29. E. G. Rochow, Silicon and silicones, Springler-Verlag (1987).
30. Silicone skin adhesive seminar, Anne Rumeau, Xavier Thomas, Dow Corning Corp., Healthcare Industries, Internal presentation, 1998.
31. B. Marciniec, J. Gulinski, W. Urbaniak and Z. W. Kornetka, in “Comprehensive Handbook on Hydrosilylation”, ed. B. Marciniec, Pergamon, Oxford, 1992
32. V. B. Pukhnarevich, E. Lukevics, L. I. Kopylova and M. G. Voronkov, “Perspectives of Hydrosilylation”, Institute of Organic Synthesis, Riga, Latvia, 1992
33. Ojima, in “The Chemistry of Organic Silicon Compounds”, Vol. 2, eds. S. Patai and Z. Rappaport, Wiley Interscience, New York, 1989, Chapter 25, pp. 1479-1526
34. D. A. Armitage, in “Comprehensive Organometallic Chemistry”, Vol. 2, eds. G. Wilkinson, F. G. A. Stone and E. W. Abel, Pergamon, Oxford, 1982, pp. 117-120
35. J. L. Speier, “Advances in Organometallic Chemistry”, Vol. 17, eds. F. G. A. Stone and R. West, Academic Press, New York, 1979, pp. 407447
36. E. Lukevics, Z. V. Belyakova, M. G. Pomeransteva and M. G. Voronkov,J. Organomet. Chem. Libr., 1977, 5, 1
37. C. Eaborn and R. W. Bott, in “The Bond to Carbon”, ed. A. G. MacDiarmid, Marcel Dekker, New York, 1968
38. Harrod, J. F.; Chalk, A. J. J. Am. Chem. Soc. 1966, 172, 533
39. Harrod, J. F.; Chalk, A. J. J. Am. Chem. Soc. 1964, 86, 1776.
40. Chalk, A. J., Harrod, J. F. J. Am. Chem. Soc. 1965, 87, 16.
41. A.J.Chalk,J. Organomet. Chem, 1970,21,207.
42. J. F. Harrod and A. J. Chalk, in “Organic Synthesis via Metal Carbonyls”, Vol. 2, eds. I. W
43. Noll,W, Chemie und Technologie der Silicone, Verlag Chemie, Weinheim 1968
44. Wacker Silicone – Sand, der sich nutclih macht. 40 Wacker 1988
45. Kuckertz , J.H., Makrom. Chemie, 98, 101, 1966
46. Nakamura, A. 2004. Silicone-based pressure-sensitive adhesive and adhesive tape. PCT Patents WO2004111151 A3; and Nakamura, A. 2006. WO2006003853 A3.
47. Wen J. Y., Wilkes G. L., Chemistry of Materials, 8 (1996) 1667-1681.
48. Allen, R. C.; Wilkes, G. L.; Yilgor, I.; Wu, D.; McGrath, J. B. .1. Makromol. Chem. 1986, 187, 2909.
49. Yilgor, I. ,J.S. Riffle, G.L. Wilkes and J.E. Mc Grath, Polymer Bulletin , 8, 535, (1982) and 543, (1982)
50. A.Underhill, A.Carlton, S.Wilkes, L.Butler, A.Kobayashi, H.Kobayashi, Synthetic Metals, 1995,70, 1101.
51. J. W. Wescott, T.-H. Yoon, D. Rodrigues, L. A. Kiefer, G. L. Wilkes and J. E. McGrath, "Synthesis an Characterization of Triphenylphosphine oxidecontaining Poly(arylimine)-poly(dimethylsiloxane) Randomly Segmented Copolymers", J. Macromol. Sci., Pure Appl. Chem., A31(8), pp. 1071-1085, 1994

Dr sc. Nurdin Ćehajić[1]
Mr. sc. Ramiz Fehratović[2]

Originalni naučni rad
UDK 615.814.1:615.825

PRIMJENA METAHEURISTIČKIH METODA ZA OPTIMIZACIJU PARAMETARA ENERGETSKIH SISTEMA

Rezime

U području energetskih sistema progresivno se povećava broj literature koja sadrži primjenu metaheurističkih algoritama za optimizaciju parametara sistema. U nastojanju da se smanji potrošnja svih oblika energije, smanje emisije stakleničkih plinova i poveća efikasnost dijelova ili kompletnog energetskog sistema, za optimizaciju se koriste različite metode optimizacije temeljene na numeričkim, eksperimentalnim, parametarskim i algoritamskim optimizacijskim rutama. Zbog značaja algoritamskih optimizacija, kao sistemska metoda za optimizaciju energetskih sistema u ovom radu su obrađeni neki od metaheurističkih optimizacijskih algoritama, kao što su genetski algoritam (GA), optimizacija rojem čestica (PSO), optimizacija zasnovana na vještačkoj koloniji pčela (ABC), gravitacioni pretraživački algoritam (GSA), bio - geografska optimizacija (BBO), takmičarski imperijalistički algoritam (ICA) i algoritam sivih vukova (GWO). Njihova glavna prednost u odnosu na klasične optimizacione metode je što nisu ograničene zahtjevima za diferencijabilnošću, neprekidnošću i konveksnošću funkcije cilja ili tipom upravljačkih promjenljivih. Pored toga, pomoću njih se veoma jednostavno mogu obuhvatiti različiti tipovi funkcije cilja i ograničenja.

Ključne riječi: metaheurističke metode, evolucijski algoritmi, optimizacija, energetski sistem

APPLICATION OF METAHEURISTIC METHODS FOR OPTIMIZATION OF ENERGY SYSTEMS PARAMETERS

Abstract

In the field of energy systems, the number of literature containing the application of metaheuristic algorithms for the optimization of system parameters is progressively increasing. In an effort to reduce the consumption of all forms of energy, reduce greenhouse gas emissions and increase the efficiency of parts or the complete energy system, various optimization methods based on numerical, experimental, parametric and algorithmic optimization routes are used for optimization. Due to the importance of algorithmic optimizations, some of the metaheuristic optimization algorithms, such as genetic algorithm (GA), particle swarm optimization (PSO), optimization based on an artificial bee colony (ABC), gravitational search algorithm (GSA), are discussed in this paper as a system method for optimizing energy systems. bio - geographic optimization (BBO), competitive imperialist algorithm (ICA) and gray wolf algorithm (GWO). Their main advantage compared to classical optimization methods is that they are not limited by requirements for differentiability, continuity and convexity of the objective function or the type of control variables. In addition, different types of objective function and constraints can be covered very simply by means of them.

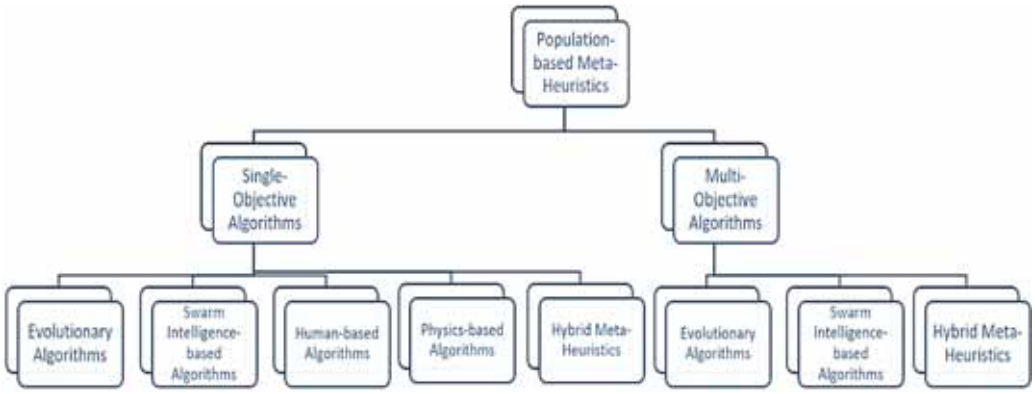
Keywords: metaheuristic methods, evolutionary algorithms, optimization, energy system

[1] Evropski univerzitet Brčko Distrikt -Tehnički fakultet; Evropski univerzitet Kallos Tuzla - Tehnički fakultet
[2] JU Tehnička škola Brčko distrikt Bosne i Hercegovine; Doktorant na Evropskom univerzitetu Brčko Distrikt

1. Uvod

Budući da je proces optimizacije vitalan za projektiranje bilo kojeg energetskog sistema, razne studije i članci su se fokusirale na ovu temu. Silveira i dr. [1,2] su matematički optimizirali neke kogeneracijske energetske sisteme, kroz termoekonomski model. Shahhosseini i dr. [3] su se bavili pronalaženjem optimalnog broja i kapaciteta kogeneracijskih energetskih sistema pomoću optimizacijske metode temeljene na ograničenom indeksu pouzdanosti, gdje je optimizacija formulirana korištenjem dvostepenog stohastičkog cjelobrojnog linearnog programiranja. Kako bi se smanjilo vrijeme proračuna, broj scenarija je smanjen. Konačno, predloženi model se koristi u poslovnoj zgradi kao studija slučaja. Optimalnim radom kogeneracijskih energetskih sistema, maksimiziranje prihoda i minimiziranje operativnih troškova dobivenih pomoću regulatora temeljenog na optimizaciji koristeći pristup prediktivne kontrole ekonomskog modela (EMPC) u svom radu su se bavili Diaz i dr. [4]. Matematički optimizacijski model kogeneracije na biomasu predstavili su Asni i dr. [5]. Primijenili su višeciljnu neizrazitu strategiju u predstavljeni model. Ćehajić i dr. [6,7] su istraživali eksergijsku efikasnost podkritičnog organskog Rankin-ovog ciklusa (ORC) baziranog na biomasi za različite organske radne fluide[3]. Kao funkcija cilja je postavljena eksergijska efikasnost ORC za različite radne fluide i pri tome su koristili genetski algoritam[4]. Drugi matematički optimizacijski modeli su također primjenjeni na probleme optimizacije kogeneracijskih energetskih sistema [8-10]. Matematičkim metodama dobivaju se tačna rješenja, ali ovaj pristup nije praktičan za neke inženjerske probleme. Razlog za ovo je uglavnom zbog poteškoća analitičkog prikupljanja informacija.

Metaheuristički algoritmi su prikladne alternative za optimizaciju kogeneracijskih i druguh energetskih sistema. Postupak kod ovih metoda je generisanje proizvoljnih početnih aproksimacija problema, te poboljšanje generisanih rješenja [11]. Klasifikacija metaheuristike zasnovane na populaciji je prikazana na slici 1.



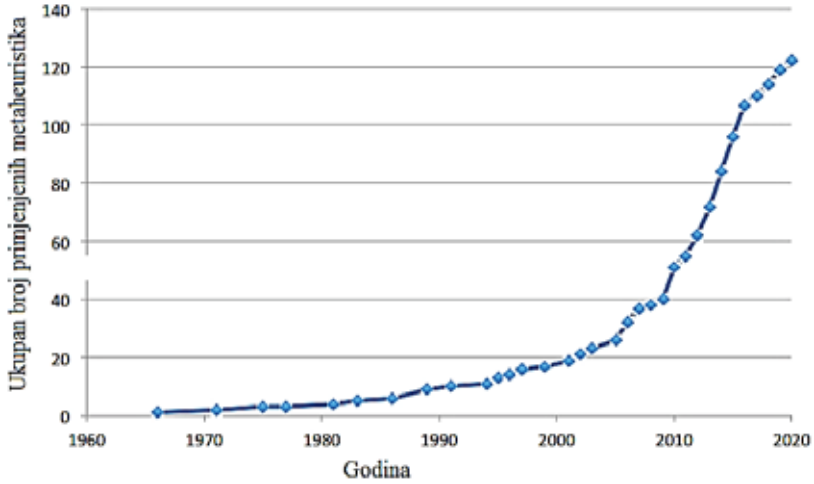
Slika 1. Klasificiranje populacijskih metaheurističkih algoritama [12]

Evolucija metaheuristike postepeno se povećavala s vremenom. Pojavljuju se novi algoritmi svake godine, ali nije jasno donose li ti algoritmi nove sadržaje za istraživanje. Slika 2. prikazuje odgovarajući broj metaheuristika korištenih tokom vremena. Sa slike 2. se vidi da je u posljednjih deset godina broj metaheuristika značajno porastao i da je kao posljedica

[3] Ćehajić, N., S. Eljšan, Eksergijska analiza podkritičnog organskog Rankinovog ciklusa za iskorištenje energije biomase, *Tehnika*, Vol. 73, No. 3, 2018, pp. 373-381

[4] Ćehajić, N., S. Eljšan, S. Halilčević, J. Fejzić, Okolinski i termodinamički prihvatljivi radni fluidi u organskom Rankinovom ciklusu za korištenje biomase, *SIGURNOST 61*, 1, 2019.

napisano preko stotinu različitih članaka i knjiga. Međutim ta žurba prema metaheuristici pri rješavanju inženjerskih problema može biti ranjiva tačka za naučna istraživanja, posebno kada se svaka nova metoda primjenjena na dati problem predstavlja kao najbolja metoda ili superiornijom u odnosu na bilo koju drugu postojeću metodu[5].



Slika 2. Broj primjena metaheuristike po godinama [13]

U nastavku rada su obrađene neke od metaheurističkih metoda sa akcentom na genetski algoritam (GA). Pored GA obrađeno je nekoliko heurističkih tehnika pretraživanja zasnovanih na populaciji koje se koristi postizanje optimalnog rješenja u prihvatljivom roku. Napravljeno je nekoliko promjena u postavkama parametara kako bi odgovarale prirodi tehnika optimizacije kao što je algoritam optimizacije rojem čestica (PSO), optimizacija zasnovana na vještačkoj koloniji pčela (ABC), gravitacioni pretraživački algoritam (GSA), bio - geografska optimizacija (BBO), takmičarski imperijalistički algoritam (ICA) i algoritam sivih vukova (GWO). Ovi algoritmi koriste iterativni proces i sistem samoorganiziranja za pretraživanje prostora rješenja korištenjem evolucijske operacije.

2. Metaheurističke metode optimizacije

Optimizacioni algoritmi se mogu svrstati u dvije glavne kategorije:

- deterministički algoritmi i
- metaheuristički algoritmi

Deterministički algoritmi koriste gradijente za određivanje pravca kretanja u prostoru rješenja, i svaki put će dati ista rješenja ako krenu iz iste početne tačke. Sa druge strane, metaheurističke metode ne koriste gradijente da bi se kretale u prostoru rješenja, ali daju različita rješenja i ako krenu iz iste početne tačke. Međutim, konačna rješenja su uvijek u neposrednoj okolini globalnog optimuma, što sa determinističkim metodama najčešće nije slučaj.

Metaheurističke optimizacione metode se sve više koriste za rješavanje složenih optimizacionih problema. Ove metode su znatno bolje od konvencionalnih metoda koje se

[5] Gianfranco, C., M. Andrea, Metaheuristic Optimization of Power and Energy Systems: Underlying Principles and Main Issues of the 'Rush to Heuristics, *Energies,* Vol. 13, No.19, 2020, 5097

zasnivaju na upotrebi izvoda kriterijumske funkcije i ograničenja tipa jednakosti i nejednakosti razmatanog problema.

Osnovni ciljevi razvoja metaheurističkih metoda je brže rješavanje problema, mogućnost rješavanja složenih problema i pravljenje robusnijih algoritama. Metaheurističke metode se sve češće biraju za rješavanje konkretnih problema iz četiri glavna razloga i to:

- jednostavnost primjene,
- fleksibilnost,
- odsustvo izvoda i
- izbjegavanje lokalnih optimuma

Prvo, metaheurističke metode su veoma jednostavne. Ideje na osnovu kojih su nastajale pojedine metode se zasnivaju na veoma jednostavnim konceptima. One najčešće proističu iz fizičkih fenomena, ponašanja životinja ili se zasnivaju na evolucionim konceptima. Jednostavnost primjene ovih algoritama pruža programeru mogućnost simulacije različitih prirodnih pojava, kombinaciju dvije ili više metaheurističkih metoda, pravljenja nove ili unapređivanja već postojećih metoda.

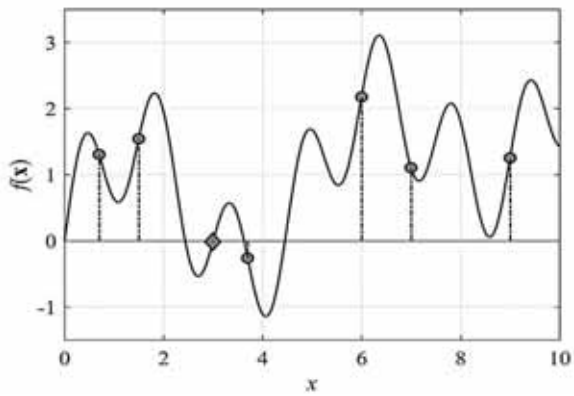
Drugo, fleksibilnost se odnosi na primjenljivost metaheurističkih metoda na različite probleme bez ikakvih promjena u strukturi algoritma. Ove metode je lako primjeniti za rješavanje različitih problema pošto one sam problem posmatraju kao crnu kutiju. Drugim riječima, da bi se neki problem riješio primjenom ovih metoda neophodno je poznavati samo ulaze i izlaze sistema kojim se predstavlja razmatrani problem. To znači da se od korisnika jedino traži odgovarajuće predstavljanje razmatranog problema radi uspješne primjene metaheurističkih algoritama optimizacije.

Treće, većina metaheurističkih metoda se ne zasniva na nalaženju izvoda funkcija. Za razliku od gradijentnih metoda, ove metode nalaze optimalno rješenje na stohastički način. Proces optimizacije počinje izborom slučajnih rješenja, i ne postoji potreba za traženjem izvoda kriterijumske funkcije i definisanih ograničenja radi nalaženja optimalnog rješenja. Ovo čini metaheurističke metode veoma pogodnim za rješavanje problema kod kojih je veoma teško ili čak nemoguće naći izvod.

Na kraju, metaheurističke metode imaju bolje mehanizme za izbjegavanje lokalnih optimuma u poređenju sa klasičnim optimizacionim metodama. Ovo je posljedica stohastičke pretrage prostora rješenja koja omogućava dobru pretragu cijelog prostora. Prostor pretrage realnih problema je najčešće nepoznat i veoma kompleksan sa velikim brojem lokalnih optimuma.

Primjer jednostavnog prostora pretrage je dat na slici 3. Na slici 3. su krugovima označena početna pogađanja neke metaheurističke metode, dok je deltoidom prikazana polazna tačka klasične metode. Ako bi cilj optimizacije bio nalaženje globalnog maksimuma, očigledno je da bi klasična metoda zbog lošeg početnog odabiranja našla samo lokalni maksimum. Dok sa druge strane, metaheuristička metoda može da nađe barem približno optimalno rješenje korištenjem svojih operacija.

Imajući ovo u vidu, u današnje vrijeme izbor metaheurističkih metoda za rješavanje stvarnih problema predstavalja ispravnu odluku.

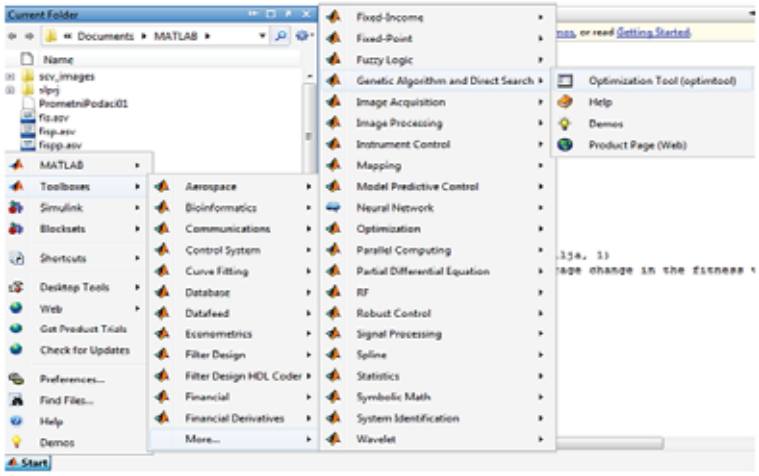


Slika 3. Skup rješenja prilikom primjene stohastičke i klasične metode

2.1 Genetski algoritam

U genetskom algoritmu, osobine prirodne evolucije su uvedene kroz njegove operacije[6]. Dobra osobina algoritama koji rade sa populacijom je što mogu da forsiraju dobra rješenja, a loša da odbacuju. Genetski algoritam je apstrakcija složene prirodne genetike i procesa prirodne selekcije [14]. Iako je genetski algoritam samo jednostavna apstrakcija, on je veoma robustan i može se primjeniti za rješavanje brojnih optimizacionih problema.

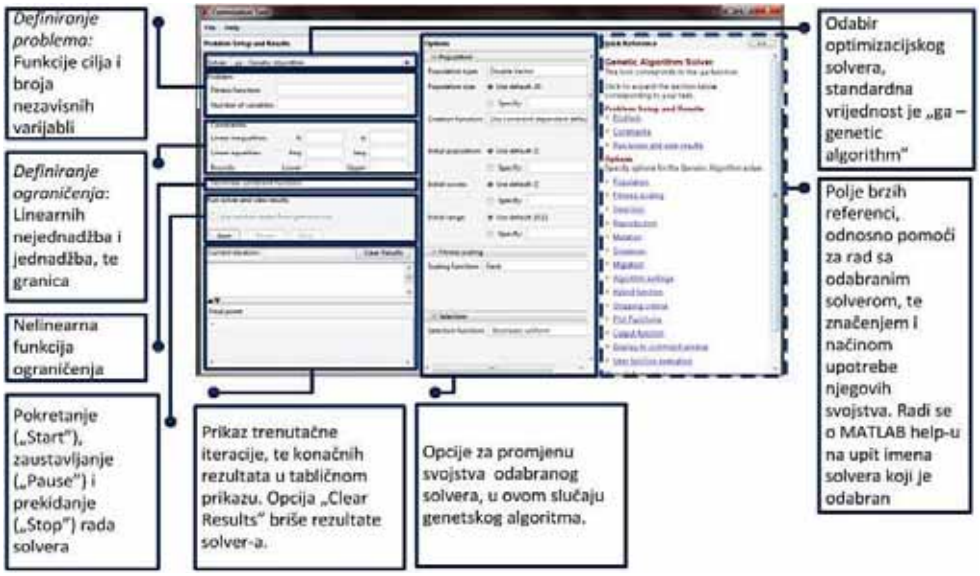
Genetski algoritmi nemaju vlastiti skup alata (engl. *toolbox*) unutar MATLAB programskog sistema iz razloga što se genetski algoritam klasificira kao jedan od optimizacijskih alata (engl. *Optimization Tool*). Optimizacijski alati, zajedno s alatom genetskog algoritma mogu se naći pod skupom alata *Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox*. Grafičko korisničko sučelje za rad sa genetskim algoritmima je ostvareno pomoću *Optimization Tool-a*. U tu svrhu potrebno je nakon pokretanja razvojne okoline MATLAB-a, odabrati *Start* (u donjem lijevom uglu početnog MATLAB prozora) → *Toolboxes* → *More...* → *Genetic Algorithm and Direct Search* → *Optimization Tool*. Postupak je grafički prikazan na slici 4.



[6] Holland, J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence; U Michigan Press: Oxford, UK, 1975.

Slika 4. Pokretanje *Optimization Tool*-a u MATLAB okruženju

Na slici 5. prikazan je prozor, te su objašnjenje temeljne funkcije za rad s genetskim algoritmom. Primijetimo kako GUI *Optimization Tool* nudi u padajućem izborniku više solvera od kojih je standardno postavljen solver *ga - Genetic Algorithm*.



Slika 5. Prikaz i objašnjenje funkcija *Optimization Tool-a*

2.1.1 Operacije genetskog algoritma

U ovom dijelu rada prikazane su operacije koje se izvršavaju u okviru različitih varijanti genetskog algoritma.

2.1.1.1 Kodiranje

Kod binarnog kodiranja svaka promjenljiva se predstavlja binarnim nizom fiksne dužine. Na primjer, sljedeći niz predstavlja problem sa *n* upravljačkih promjenljivih:

$$\underbrace{11011}_{x_1}\underbrace{01001110}_{x_2}\underbrace{010}_{x_3}\ldots\underbrace{1001}_{x_n}$$

i - ta upravljačka promjenljiva je kodirana binarnim nizom dužine l_i, što znači da je ukupan broj vrijednosti koje ova upravljačka promjenljiva može uzeti 2^{l_i}. Donja granica $x_{\min}$ je predstavljena binarnim nizom (00...0), dok je gornja granica $x_{\max}$ predstavljena sljedećim binarnim nizom (11...1). Sve druge kombinacije niza s_i se dekodiraju na sljedeći način:

$$x_i = x_i^{\min} + \frac{x_i^{\max} - x_i^{\min}}{2^{l_i} - 1}\mathrm{DV}(s_i)\,, \tag{1}$$

gde je: DV(s_i) dekodirana vrijednost niza

Dekodirana vrijednost podniza $S \equiv (S_{l-1}S_{l-2} \ldots S_2S_1S_0)$ je:

$$\mathrm{DV}(S) = \Sigma_{j=0}^{l} 2^j S_j \tag{2}$$

Ukupna dužina jednog niza (koji se drugačije naziva hromozom) je određena dužinama svih podnizova, tj. jednaka je njihovoj sumi. Dužina podniza je definisana željenom preciznošću promjenljive. Dužina svakog podniza se računa na sljedeći način:

$$l_i = \log_2\left(\frac{x_i^{\max} - x_i^{\min}}{\varepsilon_i}\right) \tag{3}$$

gde je: ε_i - željena decimalna preciznost upravljačke promjenljive i

2.1.1.2 Početna populacija

Da bi se počelo sa radom potrebno je generisati početnu populaciju. Početna populacija se sastoji od N nizova, gdje svaki niz predstavlja potencijalno rješenje razmatranog problema. Ukupan broj elemenata populacije N, se ne mijenja sa tokom iteracija. Svakoj poziciji niza l_i ($i = 1, \ldots, n$) moguće je dodijeliti 0 ili 1 sa podjednakom vjerovatnoćom. Nakon kreiranja niza moguće je izdvajanjem prvih l_1 bitova iz cijelog niza izračunati vrijednost promjenljive x_1 pomoću izraza (1). Na isti način se mogu izračunati svih n vrijednosti nezavisnih (upravljačkih) promjenljivih razmatranog optimizacionog problema. Kada su poznate sve upravljačke promjenljive moguće je izračunati vrijednost objektivne funkcije $\boldsymbol{f(x_1, x_2, \ldots, x_n)}$.

Ako je neki od članova populacije narušio bilo koje relevantno ograničenje optimizacionog problema takva jedinka se odbacuje i generiše se nova. Ovakav pristup vlada i kod životinja. Naime, neke životinjske vrste odbacuju mladunče koji su rođeni sa nekom manom. Koristeći ovaj pristup cjelokupna početna populacija će biti izvodljiva i izbjegava se rad sa penalizacionim faktorima.

2.1.1.3 Fitnes funkcija

Kada su poslije procesa dekodiranja, koji je već opisan, poznate vrijednosti svih promjenljivih, moguće je izračunati vrijednost optimizacione funkcije $f(x_1, \ldots, x_n)$. Svakom hromozomu, bilo da je on nastao kao posljedica operatora genetskog algoritma ili u početnoj populaciji, mora se odrediti fitnes vrijednost koja je povezana sa vrijednošću optimizacione (kriterijumske) funkcije razmatranog hromozoma. Kod optimizacionih problema kod kojih se traži maksimum, fitnes vrijednost hromozoma se izjednačavaju sa vrijednostima optimizacione funkcije istih. Dok se kod problema minimizacije koristi sljedeći pristup:

$$Fitness = \frac{1}{1 + f(x_1, \ldots, x_n)} \tag{4}$$

U imeniocu izraza (4) umjesto broja 1 može se koristiti bilo koji drugi broj, a njegova uloga je izbjegavanje singulariteta kada $f \to 0$.

2.1.1.4 Kriterijum zaustavljanja

Za razliku od metoda koje vrše lokalnu pretragu i zaustavljaju se kada nađu optimalnu vrijednost, genetski algoritam posjeduje stohastičku pretragu, što znači da bi mogao da radi bez prestanka. Zbog ovoga je neophodno uvesti neki kriterijum zaustavljanja. Jedna od mogućnosti je da se broji koliko je puta izračunata fitnes vrijednost ili da se koristi vrijeme izračunavanja kao ograničavajući faktor. Ova dva pristupa se nisu pokazala kao najbolja u praksi. Jedan od najčešće korištenih kriterijuma zaustavljanja je broj iteracija, koji ako se postavi na dovoljno veliku vrijednost daje dobre rezultate.

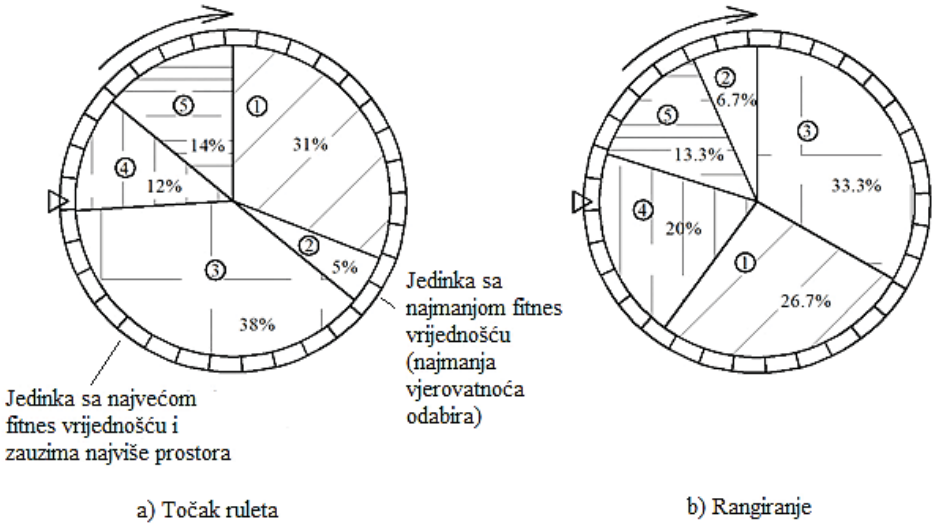
2.1.1.5 Selekcija

Reprodukcija (selekcija) je najčešće prvi operator koji se primjenjuje na populaciju. Operacija selekcije bira najbolja rešenja iz populacije i stavlja ih u poseban skup za ukrštanje. U literaturi su dostupni različiti tipovi operacije selekcije, ali osnovna ideja svih je da se nadprosječni nizovi dupliraju i smještaju u skup za ukrštanje. Najčešće korišten operator selekcije je proporcionalni operator, kod koga se nizovi u trenutnoj populaciji biraju sa vjerovatnoćom koja je proporcionalna fitnes vrijednosti niza. Ovo znači da će *i*-ti niz u populaciji biti selektovan sa vjerovatnoćom p_i. Pošto se veličina populacije kod genetskog algoritma održava na konstantnoj vrijednosti, kumulativna vjerovatnoća svih nizova je jednaka jedinici. Vjerovatnoća izbora *i*-tog niza se računa na sljedeći način:

$$p_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^{N} f_j} \tag{5}$$

Najviše upotrebljavani način proporcionalne selekcije je selekcija pomoću pravila točka ruleta. Glavna ideja je da se obim točka izdijeli na *N* dijelova pri čemu svaki segment odgovara vjerovatnoći pojavljivanja tog niza. Na slici 6.a je prikazana podjela točka na segmente kao i način odabiranja niza. Točak se okreće *N* puta, da bi se popunio skup za ukrštanje, i kada se točak zaustavi loptica ukazuje koji je niz odabran. Ovim pravilom se forsiraju dobra rješenja, ali ako je jedno rješenje dominantnije u odnosu na druga, na primjer ono zauzima 90% površine točka, to znači da ostala rješenja imaju veoma male šanse da budu izabrana [15].

Pomoću rangiranja se izbjegava problem koji se javlja kod pravila točka ruleta. Kod ove vrste selekcije prvo je potrebno poredati nizove od najboljeg ka najgorem sa stanovišta fitnes vrijednosti. Nakon toga, svakom nizu se dodjeljuje rang od 1 (najgori) do N (najbolji). Ovo pravilo je veoma slično pravilu točka ruleta, jedina razlika je u površinama koje zauzimaju pojedina rješenja. Na slici 6.b je prikazan primjer formiranja i odabira pomoću pravila rangiranja.



Slika 6. Načini selekcije

2.1.1.6 Elitizam

U originalnom genetskom algoritmu ova operacija se nije koristila. Njena svrha je da sačuva određeni broj, unaprijed definisanih nizova od oštećenja koja mogu prouzrokovati drugi operatori genetskog algoritma. Naime, unaprijed definisani broj nizova sa najboljom fitnes vrijednošću se direktno kopira u novu populaciju na početku svake iteracije, prije bilo kog drugog operatora genetskog algoritma. Elitizam značajno doprinosi brzini konvergencije algoritma.

2.1.1.7 Ukrštanje

U originalnom genetskom algoritmu operator ukrštanja se primjenjivao odmah poslije operacije selekcije. Kao i kod selekcije, i kod ove operacije postoji više različitih načina ukrštanja, ali sve metode biraju dva roditelja iz skupa za ukrštanje i miješanjem pojedinih dijelova izabranih nizova dobijaju se novi nizovi.

Metode ukrštanja se dijele na:

- Jednostruko ukrštanje
- Dvostruko ukrštanje i
- Redukovano surogat uniformno ukrštanje

Operacija ukrštanja ima dvostruku ulogu. Glavna uloga ovog operatora je pretraga prostora rješenja, dok je druga ne manje važna uloga očuvanja dobrih podnizova. Kod jednostrukog ukrštanja pretraga nije intenzivna, ali postoji velika vjerovatnoća očuvanja dobrih podnizova kod potomaka. Sa druge strane uniformno ukrštanje omogućava znatno širu pretragu, ali ne postoji mogućnost očuvanja dobrih podnizova.

Ukoliko se za optimizaciju koristi genetski algoritam sa realnim brojevima, operacija ukrštanja se može izvršiti na sljedeći način:

- Izabrati proizvoljan broj $u \in [0, 1)$
- Izračunati β_q korištenjem sljedećeg izraza:

$$\beta_q = \begin{cases} (2u)^{\frac{1}{\eta_c+1}} & u \le 0{,}5 \\ \left(\dfrac{1}{2(1-u)}\right)^{\frac{1}{\eta_c+1}} & u > 0{,}5 \end{cases} \tag{6}$$

gde je:

η_c - indeks raspodjele kojim se kontroliše rasprostiranje potomaka po prostoru rješenja. Ovaj indeks uzima vrijednost iz opsega [1, 10].

- Potomci se formiraju od proizvoljno izabranih roditelja p_1 i p_2 pomoću sljedećih izraza:

$$\begin{aligned} c_1 &= 0{,}5\left((1+\beta_q)p_1 + (1-\beta_q)p_2\right), \\ c_2 &= 0{,}5\left((1-\beta_q)p_1 + (1+\beta_q)p_2\right). \end{aligned} \tag{7}$$

2.1.1.8 Mutacija

Operator mutacije se primjenjuje da bi se poboljšala pretraga prostora rješenja. Ovaj operator kod binarne primjene mijenja proizvoljno izabranu vrijednost bita iz 1 u 0, i obrnuto. U standardnom genetskom algoritmu operacija mutacije se primjenjuje na sve potomke nastale operacijom ukrštanja sa veoma malom vjerovatnoćom p_m. Ovo praktično znači da se za svaki

bit u populaciji proizvoljno generiše broj iz opsega [0, 1] i ako je taj broj manji od p_m, onda će se vrijednost tog bita promjeniti. Uloga ovog operatora je izbjegavanje konvergencije svih rješenja populacije ka jednom optimumu.

Kod rada sa realnim brojevima operacija mutacije se može izvesti na sljedeći način:

- Izabrati proizvoljan broj $r \in [0, 1)$.
- Izračuna se δ pomoću sljedećeg izraza:

$$\delta = \begin{cases} (2r)^{\frac{1}{\eta_m+1}} - 1 & r < 0{,}5 \\ 1 - (2(1-r))^{\frac{1}{\eta_m+1}} & r \geq 0{,}5 \end{cases} \tag{8}$$

gdje je: η_m - indeks raspodjele kojim se kontroliše rasprostiranje mutiranog niza od originalnog. Ovaj indeks uzima vrijednost iz opsega [10, 100].

Mutirani član se dobija upotrebom sljedećeg izraza:

$$c' = c + (x_{\max} - x_{\min})\delta \tag{9}$$

gdje su:

$x_{\max}$ i $x_{\min}$ - gornje i donje ograničenje upravljačke promjenljive, respektivno.

2.1.2 Klasičan Genetski algoritam

Klasičan genetski algoritam u svom izvornom obliku se može opisati sljedećim koracima:

- Generisanje proizvoljne početne populacije
- Određivanje fitnes vrijednosti svih elemenata populacije
- Kreiranje skupa za ukrštanje nekom od opisanih metoda
- Izbor učesnika operacije ukrštanja iz skupa za ukrštanje
- Generisati proizvoljan broj u opsegu [0, 1]. Ako je taj broj manji od p_c, vjerovatnoće ukrštanja, izvršiti operaciju ukrštanja i potomke smjestiti u novu populaciju. U suprotnom, selektovane učesnike operacije ukrštanja proslijediti u novu populaciju
- Izvršiti operaciju mutacije sa vjerovatnoćom p_m nad elementima nove populacije
- Ako je zadovoljen kriterijum zaustavljanja naći najbolje rješenje u novoj populaciji, u suprotnom nova populacija postaje trenutna populacija i algoritam se vraća na korak 2.

2.2 Optimizacija rojem čestica (PSO)

Algoritam optimizacije rojem čestica (engl. *Particle Swarm Optimization*, PSO) datira iz 1995. godine [16]. Algoritam je inspirisan društvenim ponašanjem jata ptica, koje se kreću u dopustivom prostoru u potrazi za hranom. Svaka čestica (jedinka) u roju, definisana svojom pozicijom i brzinom, predstavlja jedno rješenje problema. Ažuriranje pozicije čestice u tekućoj iteraciji se vrši uzimanjem u obzir prethodne pozicije čestice, najbolje pozicije koju je ova čestica zauzela u toku kretanja, pozicije čestice za koju se ima najbolje rješenje u okviru cijelog roja u svim prethodnim iteracijama i brzine čestice [16-18].

Algoritamski parametri za PSO su koeficijent inercije w, konstanta čestice c_1 i konstanta roja c_2.

2.3 Optimizacija veštačkom kolonijom pčela (ABC)

Ovaj metaheuristički algoritam je inspirisanih ponašanjem pčela u prirodi tokom potrage za hranom. Osnovne koncepte BCO metode razvili su Dušan Teorodović[7] i dr. [19-21]. U ABC algoritmu pozicija izvora hrane se posmatra kao moguće rješenje optimizacionog problema (jedinka), a količina nektara u izvoru hrane kao vrijednost kriterijuma optimalnosti u tom rješenju. Proces pretrage vrše tri grupe vještačkih pčela:

- pčele radilice,
- pčele posmatrači i
- pčele izviđači.

Pčele radilice u prirodi tragaju za hranom i donose uzorke nektara u košnicu, izvodeći ritualizovane tjelesne pokrete koji se nazivaju „njihajući ples" (engl. *waggle dance*), s ciljem ukazivanja na lokaciju i kvalitet izvora hrane. Na osnovu informacija koje se dobijaju od pčela radilica, pčele posmatrači donose odluku koji izvor hrane će eksploatisati. Kvalitet rješenja se modelira pomoću funkcije dobrote (eng. *fitness function*), koja predstavlja ekvivalent funkcije cilja optimizacionog problema. Na osnovu informacije o kvalitetu rješenja, pčele posmatrači biraju izvor hrane i koristeći vjerovatnoću p_i [19,22]. Opisani proces pretrage se ponavlja dok se ne ispuni uslov zaustavljanja. Kontrolni parametar ABC algoritma je broj izvora hrane SN.

2.4 Gravitacioni pretraživački algoritam (GSA)

Gravitacioni pretraživački algoritam (engl. *Gravitational Search Algorithm*, GSA) spada u grupu novih populacionih metaheurističkih algoritama koji su razvili autori u [23]. Osnovni princip algoritma je baziran na Njutnovim zakonima gravitacije i kretanja. Pretraživački agenti (jedinke) u algoritmu su objekti koji se karakterišu preko njihovih masa. Svaki objekat u populaciji predstavlja jedno rješenje problema. Veća masa objekta znači bolje rješenje. Kod GSA postoji gravitaciona interakcija između objekata (masa), pri čemu se objekti manjih masa kreću ka objektu najveće mase. Ovo kretanje je uslovljeno podešavanjem gravitacionih i inercionih masa objekta, čije se vrijednosti određuju na osnovu funkcije dobrote.
Kontrolni parametri GSA su početna vrijednost gravitacione konstante G_0 i konstanta α.

2.5 Bio - geografska optimizacija (BBO)

Bio - geografska optimizacija (engl. *Biogeography-Based Optimization*, BBO) se koristi za rješavanje problema globalne optimizacije. Raspodjela i dinamika bioloških vrsta u ostrvskim okruženjima poslužili su kao glavna inspiracija za razvoj algoritma. Matematički modeli BBO opisuju kako vrste migriraju sa jednog ostrva na drugo, kako nastaju nove vrste i kako vrste izumiru. U BBO algoritmu staništa se mogu posmatrati kao moguće rješenje problema (jedinke), a broj vrsta u staništu kao vrijednost kriterijuma optimalnosti. Informacije među staništima se razmjenjuju preko stope imigracije i stope emigracije svakog staništa. Pod dobrim rješenjem podrazumijeva se stanište s visokim indeksom pogodnosti staništa (eng. *High Habitat Suitability Index*, HSI), velikim brojem vrsta i visokom stopom emigracije. Rešenja s visokim HSI imaju tendenciju da podeijle svoje karakteristike sa rješenjima s niskim HSI, što može podići kvalitet tih rješenja [24]. Proces pretrage kod BBO algoritma se izvodi uzastopnim

---

[7]Lučić, P., D. Teodorović, Bee system: modeling combinatorial optimization transportation engineering problemsby swarm intelligence, *In: Preprints of the TRISTAN IV triennial symposium on transportation analysis*, 2001, pp. 441- 445.

Lučić, P., D. Teodorović, Transportation modeling: an artificial life approach, *In: Proceedings of the 14th IEEEInternational Conference on Tools with Artificial Intelligence, Washington, DC*, 2002, pp. 216-223.

izborima boljih rješenja primjenom mehanizama migracije i mutacije. Kontrolni parametri BBO algoritma su stopa mutacije $m(S)$ i broj zadržanih rešenja *NumEl*.

2.6 Takmičarski imepijalistički algoritam (ICA)

Društveno i političko ponašanje ljudi poslužilo je kao inspiracija za razvoj ovog algoritma. Osnovni princip algoritma se bazira na populaciji zemalja koje su svrstane u dvije kategorije: imperijaliste i kolonije. Zemlje koje nameću svoju kontrolu nad manje razvijenim zemljama nazivaju se imperijalisti. S druge strane, zemlje pod vlašću imperijalista su kolonije. U ICA algoritmu svaka zemlja se može posmatrati kao moguće rješenje problema optimizacije (jedinka). Zemlje sa najboljom vrijednošću funkcije dobrote su imperijalisti, dok su preostale njihove kolonije. Zemlje kolonije se dijele među imperijalistima prema moći svakog imperijaliste (vrijednosti funkcije dobrote), koja je obrnuto proporcionalna njegovom trošku [25]. Takmičenjem između imperijalista formira se optimizacioni algoritam u kome se slabe imperije urušavaju, a snažne zauzimaju njihove kolonije. Na ovaj način algoritam konvergira ka zemlji u kojoj postoji samo jedna imperija i kolonije imaju istu vrijednost funkcije troškova kao i imperijalista. Kontrolni parametri ICA algoritma su broj imperijalističkih zemalja N_{imp}, koeficijent asimilacije γ, revolucionarna stopa r i trošak imperije TC_n.

2.7 Metoda sivih vukova (GWO)

Metoda optimizacije sivih vukova se zasniva na društvenoj hijerarhiji i ponašanju čopora tokom lova. Svaki čopor se sastoji od alfa, beta, gama i omega vukova. Vođe čopora, alfa vukovi, predstavljaju najsposobnije vukove i ovi vukovi donose sve odluke koje se tiču čopora. Drugi nivo hijerarhije čine bete, koje su podređene alfama, ali im pomažu u donošenju odluka ili u drugim aktivnostima vezanim za čopor. Ovi vukovi predstavljaju najboljeg kandidata za novog vođu u slučaju da alfa vuk ostari ili umre. Delta vukovi ne donose odluke ali su zaduženi za lov, izviđanje, zaštitu čopora i sl. Najnižu ljestvicu u hijerarhiji sivih vukova čine omege. Ovi vukovi ne donose nikakve odluke, uvijek su posljednji u redu za hranu i nad njima se svi iživljavaju, ali upravo to održava čopor u cjelini kao i lanac dominacije. Glavne faze lova mogu se podijeliti na praćenje, opkoljavanje i napad na plijen.

2.7.1 Društvena hijerarhija

Kako bi se uspješno matematički modelirala društvena hijerarhija vukova, a s ciljem stvaranja optimizacijske metode, najbolje rješenje se proglašava za α vuka, drugo i treće najbolje rješenje za β i δ vuka, dok su sva ostala rješenja ω vukovi. U ovoj optimizacijskoj metodi lov (traženje optimalnog rješenja) predvode α, β i δ, dok ostali vukovi (ω) slijede ova tri vuka.

2.7.2 Opkoljavanje plijena

Sivi vukovi okružuju plijen tokom lova. Sljedeća jednačina može poslužiti kao matematički model ovog postupka:

$$D = \left| C \cdot Xp(t) - X(t) \right| \tag{10}$$

$$X(t+1) = Xp(t) - A \cdot D \tag{11}$$

gdje: t predstavlja trenutnu iteraciju, A i C su vektori koeficijenata, X_p je pozicija plijena, dok X predstavlja poziciju vuka.

Vektori A i C mogu se izračunati na sljedeći način:

$$A = 2a \cdot r_1 - a \quad (12)$$

$$C = 2 \cdot r_2 \quad (13)$$

gdje se komponente vektora a smanjuju linearno od 2 do 0 tijekom iteracija, dok su r_1 i r_2 proizvoljni vektori iz raspona [0, 1].

2.7.3 Lov

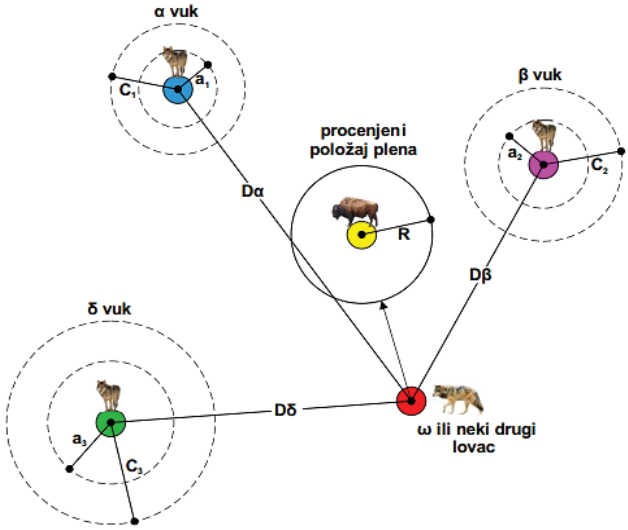
Sivi vukovi imaju sposobnost lociranja plijena. Lov obično predvode alfe. Beta i delta također često sudjeluju u lovu. Međutim, u apstraktnom prostoru pretrage lokacija optimuma (plijena) nije poznata. Kako bi se matematički modelirao lov, usvojeno je da α, β i δ (tri najbolja rješenja) imaju najbolju informaciju o lokaciji plijena. Sljedeće formule definišu promjenu lokacije ω vukova:

$$D_\alpha = |C_1 X_\alpha - X|,\ D_\beta = |C_1 X_\beta - X|,\ D\alpha = |C_1 X_\delta - X| \quad (14)$$

$$X_1 = X_\alpha - A_1 D_\alpha,\ X_2 = X_\beta - A_2 D_\beta,\ X_3 = X_\delta - A_3 D_\delta \quad (15)$$

$$X(t+1) = (X_1 + X_2 + X_3)/3 \quad (16)$$

Slika 7. pokazuje kako se pojedinačna rješenja poboljšavaju na temelju položaja α, β i δ rješenja u 2D prostoru pretrage.



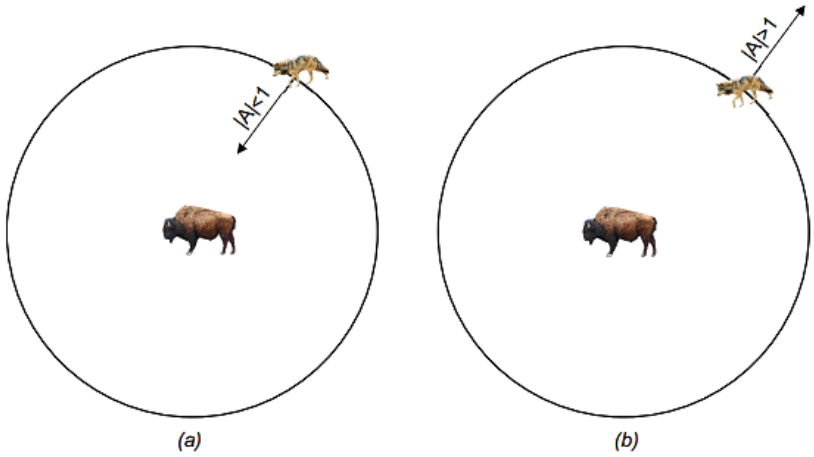
Slika 7. Unapređenje rješenja

Može se primijetiti da će konačna lokacija biti u proizvoljnom prostoru unutar kruga definisanog položajima α, β i δ vukova. Drugim riječima, α, β i δ vukovi procjenjuju položaj plijena, dok se drugi vukovi proizvoljno približavaju tom položaju. Kao što je već spomenuto, pretraga sivih vukova se uglavnom zasniva na osnovu položaja α, β i δ vukova. Oni konvergiraju kada napadaju plijen i divergiraju jedni od drugih kada traže plijen.

Napad na plijen (eksploatacija): Sivi vukovi napadaju plijen samo kada se prestane kretati. Kako bi se matematički modeliralo približavanje plijenu, smanjuje se vrijednost vektora a. Treba primijetiti da se raspon definisan vektorom A također smanjuje sa smanjivanjem vektora a. Drugim riječima, A je proizvoljna vrijednost na intervalu [-2a, 2a], gdje se a smanjuje od 2 do 0 tokom iteracija. Kada je proizvoljna vrijednost vektora A u rasponu [-1, 1], sljedeća lokacija vuka može biti bilo koja lokacija između njegove trenutne pozicije i cilja.

Potraga za plijenom (istraživanje): U cilju matematičkog modeliranja divergencije, vektor A uzima vrednosti veće od 1 ili manje od -1 da bi simulirao divergenciju vuka od plijena. Ovim se vrši detaljna pretraga i izbjegava zaglavljivanje u lokalni optimum. Vektor C takođe pomaže u pretraživanju prostora rješenja. Kao što se iz izraza (13) može vidjeti vektor C uzima vrijednosti u opsegu [0, 2]. Ovaj vektor daje proizvoljan težinski faktor plijenu u cilju naglašavanja ($C > 1$) ili umanjivanja ($C < 1$) efekta plijena na računanje udaljenosti izrazom (10). Treba napomenuti da se vektor C ne smanjuje linearno tokom iteracija. Ovo je urađeno da bi se vršila pretraga ne samo u početnoj fazi nego i u kasnijim fazama. Vektor S pomaže u izbegavanju lokalnih optimuma pogotovo u kasnijim iteracijama. U zavisnosti od pozicije vuka, ovaj koeficijent može da udalji plijen i učini ga nedostupnim ili čak suprotno da ubrza približavanje vuka plijenu.

Algoritam: Proces pretrage počinje generisanjem proizvoljnih rešenja, stvaranjem čopora. Tokom iteracija α, β i δ vukovi procjenjuju poziciju plijena. Svako potencijalno rješenje smanjuje svoju udaljenost prema plijenu. Parametar a se smanjuje od 2 do 0 kako bi forsirao pretragu i eksploataciju. Potencijalna rješenja teže da divergiraju od plijena kada je $|A|>1$, odnosno da se približavaju plijenu kada je $|A|< 1$, slika 8.



Slika 8. a) napad na plijen - konvergencija; b) potraga za plijenom - divergencija

Ova metoda optimizacije se može opisati sledećim koracima:

- Inicijalizacija početne populacije Xi (i=1, ..., n).
- Inicijalizacija vektora a, A i C
- Izračunavanje fitnes vrijednosti svakog vuka
- X_α = najbolji vuk
- X_β = drugi najbolji vuk
- X_δ = treći najbolji vuk
- Unaprijediti poziciju svakog vuka pomoću izraza (7).
- Izračunati a, A i C
- Izračunavanje fitnes vrijednosti svakog vuka
- Naći nove X_α, X_β i X_δ
- $t = t + 1$
- Ako je $t <$ maksimalan broj iteracija, vratiti se na korak 7, u suprotnom ispisati X_α.

Ako se desi povreda ograničenja prilikom pretrage prostora rješenja takav vuk se automatski odbacuje i generiše se novi. Ako slučajno neko od najbolja tri rešenja prekrši neko ograničenje automatski se zamjenjuju boljim vukom u narednoj iteraciji.

3. Zaključak

Ovaj rad predstavlja doprinos raspravi o korištenju metaheurističkih metoda za rješavanje problema globalne optimizacije. Nisu analizirani kriteriji za primjenu istih. Svaka od ovih metoda ima svoje prednosti i nedostatke. Ne postoji univerzalna ili najbolja metoda za optimizaciju energetskih sistema, kao ni pojedinačni vodič ili jednostavan kriterij za izbor najbolje metode. Zbog toga, postoji trend stvaranja hibridnih metoda optimizacije kako bi se nedostaci pojedinih metoda eliminisali, a istovremeno maksimalno iskoristile prednosti. Na taj način se najracionalnije pronalaze optimalna rješenja.

Istraživači često hvale prirodu kao savršen primjer adaptivnog rješavanja problema pa stoga ne čudi da su algoritmi metaheurističke optimizacije nadahnuti prirodnim fenomenima postali toliko popularni. Te su metode razvijene kako bi oponašale bilo koju biološku ili fizičku manifestaciju koja se posmatra u prirodi, s ciljem razvijanja snažnih alata koji se mogu primijeniti za rješavanje problema optimizacije. Upravo u ovom radu je obrađeno nekoliko ovakvih metaheurističkih metoda uz naznaku da ih postoji nekoliko desetina.

S druge strane, zbog težnje ka jednostavnosti algoritama te pojednostavljivanja definisanja problema, nemoguće je dostići kompleksnost s kojom priroda rješava probleme. U svakom slučaju, nema sumnje da je metaheuristika nadahnuta prirodom zaslužila svoje mjesto kao moćni alat za optimizaciju, pa se stoga očekuje da će se ova grana nauke nastaviti razvijati u bliskoj budućnosti.

4. Literatura

[1] **Silveira, J. L., C. E. Tuna,** Thermoeconomic analysis method for optimization of combined heat and power systems - Part I., *Progress in Energy and Combustion Science,* Vol. 29, No. 6, 2003, pp. 479-485.

[2] **Silveira, J. L., C. E. Tuna,** Thermoeconomic analysis method for optimization of combined heat and power systems - Part II., *Progress in Energy and Combustion Science,* Vol. 30, No. 6, 2004, pp. 673 - 678.

[3] **Shahhosseini, A., J. Olamaei,** An efficient stochastic programming for optimal allocation of combined heat and power systems for commercial buildings using, *Thermal Science Engineering Progress,* Vol. 11, 2019, *pp.* 133 - 141.

[4] **Diaz, J. L., C. Ocampo - Martinez, N. Panten, T. Weber, E. Abele,** Optimal operation of combined heat and power systems: An optimization-based control strategy, *Energy Conversion Management,* Vol. 199, 2019, 111957

[5] **Asni, T., V. Andiappan,** Optimal Design of Biomass Combined Heat and Power System Using Fuzzy Multi - Objective Optimisation: Considering System Flexibility, Reliability, and Cost, *Process Integration Optimization for Sustainability,* Vol 5, 2020, pp. 207 - 229.

[6] **Ćehajić, N., S. Eljšan,** Eksergijska analiza podkritičnog organskog Rankinovog ciklusa za iskorištenje energije biomase, *Tehnika*, Vol. 73, No. 3, 2018, pp. 373-381

[7] **Ćehajić, N., S. Eljšan, S. Halilčević, J. Fejzić**, Okolinski i termodinamički prihvatljivi radni fluidi u organskom Rankinovom ciklusu za korištenje biomase, *SIGURNOST 61*, 1, 2019.

[8] **Liu, B., J. Li, S. Zhang, M. Gao, H. Ma, G. Li, C. Gu,** Economic Dispatch of Combined Heat and Power Energy Systems Using Electric Boiler to Accommodate Wind Power, *IEEE Access,* Vol. 8, 2020, 41288-41297.

[9] **Mohammadi, H., M. Mohammadi**, Optimization of the micro combined heat and power systems considering objective functions, components and operation strategies by an integrated approach, *Energy Conversion Management,* Vol. 208, 2020, 112610.

[10] **Nwulu, N.**, Combined heat and power dynamic economic emissions dispatch with valve point effects and incentive based demand response programs, *Computation,* Vol. 8, 2020, 101.

[11] **Xiong, N., D. Molina, M.L. Ortiz, F.A. Herrera,** A Walk into Metaheuristics for Engineering Optimization: Principles, Methods and Recent Trends, *The International Journal of Computational Intelligence Systems,* Vol. 8, 2015, pp. 606-636.

[12] **Alsagri, A. S., A. A. Alrobaian,** Optimization of Combined Heat and Power Systems by Meta-Heuristic Algorithms: An Overview, *Energies,* Vol. 15, No.19, 2022, 5977

[13] **Gianfranco, C., M. Andrea,** Metaheuristic Optimization of Power and Energy Systems: Underlying Principles and Main Issues of the 'Rush to Heuristics, *Energies,* Vol. 13, No.19, 2020, 5097

[14] **Holland, J.H.**, Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence; U Michigan Press: Oxford, UK, 1975.

[15] **Deb, K.,** Optimization for Engineering Design: Algorithms and Examples, New Delhi, 2015.

[16] **Eberhart, J., R. Kennedy**, Particle Swarm Optimization, *Proceedings of IEEE - International Conference on Neural Networks*, Vol. 4, 1995, pp. 1942-1948.

[17] **Adibo, M. A.,** Optimal power flow using particle swarm optimization, *Electrical Power Energy Systems,* Vol. 24, 2002, pp. 563-571.

[18] **Radosavljević, J., D. Klimenta, M. Jevtić, N. Arsić**, Optimal power flow using a hybrid optimization algorithm of particle swarm optimization and gravitational search algorithm, *Electric Power Components and Systems*, Vol. 43, Issue 17, 2015, pp. 1958-1970.

[19] **Lučić, P., D. Teodorović**, Bee system: modeling combinatorial optimization transportation engineering problemsby swarm intelligence, *In: Preprints of the TRISTAN IV triennial symposium on transportation analysis*, 2001, pp. 441- 445.

[20] **Lučić, P., D. Teodorović,** Transportation modeling: an artificial life approach, *In: Proceedings of the 14th IEEE-International Conference on Tools with Artificial Intelligence, Washington, DC*, 2002, pp. 216-223.

[21] **Lučić, P., D. Teodorović,** Computing with bees: attacking complex transportation engineering problems*, International Journal on Artificial Intelligence Tools*, Vol. 12, No. 3 2003, pp. 375-394.

[22] **Rezaei, A. M., A. Karami**, Artificial bee colony algorithm for solving multiobjective optimal power flow problem, *Electrical Power Energy Systems*, Vol. 53, 2013, pp. 219-230

[23] **Rashedi E., H. Nezamabadi-pour, S. Saryazdi**, GSA: A gravitational search algorithm, *Information Sciences*, Vol. 179, No. 13, 2009, pp. 2232-2248.

[24] **Milovanović, M., J. Radosavljević, M. Jevtić**, Komparativna analiza metaheurističkih metoda za rešavanje problema optimalnih tokova snaga, *Zbornik Međunarodne konferencije o obnovljivim izvorima električne energije - MKOIEE*, Vol. 4, No. 1, 2017, pp. 277-290.

[25] **Atashpaz - Gargari, E., C. Lucas**, Imperialist Competitive Algorithm: An Algorithm for Optimization Inspired by Imperialistic Competition, *IEEE Congress on Evolutionary Computation*, 2007, pp. 4661-4667.

Goran Radić[1]
Velimir Dedić[2]
Svetlana Anđelić[1]

Originalni naučni rad
UDK 004.738.5:316.774-057.875

PRIMENA MAŠINSKOG UČENJA NA PROBLEM ZAVISNOSTI OD INTERNETA U POPULACIJI STUDENATA

Sažetak

Rad tretira problem zavisnosti od interneta kao važan element savremenog doba. Tehnike mašinskog učenja mogu se primeniti na klasifikaciju ispitanika i utvrđivanje stepena zavisnnosti i procenu uzroka same zavisnosti. Rana detekcija znakova zavinsosti od interneta može da pomogne bržoj i efikasnijoj pomoći u savladavanju ovog problema. Prikazuje se primena metoda klasterovanja na utvrđivanje značajnih karakteristika zavisnosti od interneta.

Ključne reči; mašinsko učenje, klasifikacija, predikcija, zavisnost od interneta

Summary

The paper treats the problem of Internet addiction as an important element of the modern era. Machine learning techniques can be applied to the classification of respondents and the determination of the degree of addiction and the assessment of the causes of the addiction itself. Early detection of the signs of Internet addiction can help to overcome this problem more quickly and effectively. The application of clustering methods to determine significant characteristics of Internet addiction is shown.

Keywords: machine learning, classification, prediction, internet addiction

[1] Visoka škola za informacione tehnologije ITS Beograd

[2] Evropski Univerzitet Brčko

Mašinsko učenje

Mašinsko učenje je grana veštačke inteligencije koja se fokusira na računarsko učenj iz podataka i iskustva, umesto na klasično programiranje. Cilj mašinskog učenja je da razvije algoritme i modele koji mogu da prepoznaju obrasce i donose predikcije ili odluke na osnovu podataka. Ovo se postiže kroz proces treninga, gde je model nahranjen primerima ulaznih podataka i odgovarajućih izlaznih podataka sposoban da prilagođava svoje parametre da bi minimizirao razliku između predviđenog i stvarnog izlaza.

Postoji nekoliko tipova mašinskog učenja, prema kriterijumu nadziranja: učenje pod nadzorom, učenje bez nadzora i učenje uz pomoć. Učenje pod nadzorom jeste takvo gde se trening modela obavlja na poznatom skupu podataka, gde su ulazni podaci upareni sa odgovarajućim izlaznim podacima. Model koristi ove informacije da nauči kako da mapira ulazne podatke u ispravan izlaz. Učenje bez nadzora, s druge strane, uključuje obuku modela na nepoznatom skupu podataka (ne zna se unapred ishod odluke), gde je cilj otkrivanje obrazaca i struktura u podacima. Učenje uz potkrepljenje uključuje obuku modela za donošenje odluka na osnovu nagrada ili kazni dobijenih iz svog okruženja.

Mašinsko učenje ima širok spektar primena, od prepoznavanja slike i govora do otkrivanja prevara i obrade prirodnog jezika. Značajno je uticalo naoblasti finansija, zdravstva i transporta i nastavlja da brzo napreduje sa razvojem novih algoritama i tehnologija.

Mašinsko učenje ima bogatu istoriju koja se može pratiti od sredine prošlog veka, kada su pioniri, Alan Turing i Klod Šenon, razvijali rane ideje o veštačkoj inteligenciji i teoriji informacije. Međutim, moderna era mašinskog učenja počela je 1960-ih, razvojem prvih veštačkih neuronskih mreža i pojavom perceptrona, algoritma, koji je bio sposoban da uči i tako rešava zadatke, tipično npr. prepoznavanje slika.

Tokom 1970-ih i 1980-ih, istraživači su se fokusirali na razvoj naprednijih algoritama za mašinsko učenje, uključujući stabla odlučivanja, metode najbližeg suseda i Bajesove mreže. Ovi algoritmi su omogućili da se donose složenije odluke i predviđanja na osnovu podataka. Tokom ovog vremena, mašinsko učenje se uglavnom koristilo u akademskim i istraživačkim okruženjima, sa ograničenim komercijalnim primenama.

Tokom 1990-ih došlo je do ponovnog oživljavanja interesovanja za mašinsko učenje, sa razvojem moćnijih računara i dostupnošću velikih skupova podataka. Ovo je dovelo do razvoja novih algoritama kao što su *vector support machines i random forest*, koji su bili u stanju da se uhvate u koštac sa većim i složenijim skupovima podataka. Pojava interneta takođe obezbedila nove izvore podataka za mašinsko učenje, što je dovelo do razvoja tehnika kao što su data mining i slično.

Tokom 2000-ih i 2010-ih, mašinsko učenje je počelo da igra sve važniju ulogu u industriji, uzmimo samo primere kompanija Google, Amazon i Facebook, koje su ga koristile za pretragu, oglašavanje i obradu prirodnog jezika. Porast velikih podataka i računarstva u oblaku takođe je omogućio razvoj sofisticiranijih modela mašinskog učenja, npr “duboke” neuronske mreže, koje su sposobne da uče složene obrasce u podacima i postignu vrhunske performanse na širokom spektru zadataka.

Klasterovanje

Klasterovanje je tehnika koja se koristi u mašinskom učenju bez nadzora za grupisanje sličnih podataka u klastere ili podgrupe. Osnovna ideja grupisanja je pronalaženje obrazaca ili struktura u podacima koji nisu očigledni samo posmatranjem samih podataka.

Cilj klasterovanja je da se identifikuju grupe podataka koje su slične jedna drugoj na osnovu neke mere sličnosti ili udaljenosti između tačaka koje predstavljaju podatke. Proces klasterovanja uključuje dodeljivanje tačaka klasterima, obično optimizacijom funkcije cilja koja ima za cilj da minimizira rastojanje između tačaka unutar svakog klastera dok maksimizira rastojanje između tačaka u različitim klasterima.

Dobijeni klasteri se mogu koristiti u različite svrhe, kao što je identifikacija segmenata kupaca u marketingu, otkrivanje anomalija u podacima za otkrivanje prevara ili identifikacija grupa gena koji su ko-eksprimirani u bioinformatici.

Navodimo ključne osobine metoda klasterovanja k-sredina koji će se koristiti u ovom radu:

- Klasterovanje k-sredina je algoritam za mašinsko učenje bez nadzora koji se koristi za grupisanje podataka u klastere na osnovu sličnosti.
- Algoritam ima za cilj da minimizira zbir kvadrata rastojanja između tačaka podataka i njihovog odgovarajućeg centroida.
- Broj klastera, k, je unapred definisan i fiksiran pre pokretanja algoritma.
- Algoritam počinje tako što nasumično bira k početnih centriida, zatim iterativno dodeljuje svaku tačku podataka najbližem centru i ažurira lokaciju centra na osnovu srednje vrednosti tačaka podataka u tom klasteru.
- Algoritam se prekida kada se centroidi više ne pomeraju značajno ili se dostigne maksimalan broj iteracija.
- Rezultat klasterovanja k-sredina je skup od k klastera, od kojih svaki sadrži skup podataka koji su slični
- Klasterovanje k-sredina pretpostavlja da su klasteri sferni i da imaju jednaku varijansu, i najbolje funkcioniše kada su podaci dobro razdvojeni i klasteri imaju slične veličine.

Zavisnost od interneta

Internet je postao sastavni deo savremenog života, pružajući nam obilje informacija i resursa na dohvat ruke. Međutim, za neke pojedince internet može postati izvor zavisnosti, što dovodi do negativnih posledica u različitim oblastima života. Zavisnost od interneta, poznata i kao problematična upotreba interneta, odnosi se na prekomernu upotrebu interneta koja ometa svakodnevne aktivnosti i uzrokuje uznemirenost ili funkcionalno oštećenje.

Zavisnost od interneta je složeno pitanje na koje mogu uticati različiti psihološki, socijalni i faktori životne sredine. Neki pojedinci mogu biti skloniji zavisnosti od interneta zbog sopstvenog mentalnog zdravlja, i stanja anksioznosti ili depresije. Drugi mogu koristiti internet kao mehanizam za borbu sa stresom ili usamljenošću, što dovodi do prekomerne upotrebe tokom vremena. Društveni faktori, kao što su pritisak vršnjaka ili društvena izolacija, takođe mogu doprineti zavisnosti od interneta, jer pojedinci traže validaciju ili vezu putem onlajn

interakcija. Faktori životne sredine, dostupnost tehnologije, takođe mogu igrati ulogu u zavisnosti od interneta, jer pojedincima može biti teško da se isključe sa interneta u svom svakodnevnom životu.

Zavisnost od interneta može imati niz negativnih posledica na život pojedinca, uključujući društvene, akademske, profesionalne i mentalne probleme. Pojedinci sa zavisnošću od interneta mogu doživeti društvenu izolaciju i povlačenje, jer daju prednost onlajn interakcijama u odnosu na interakcije licem u lice sa prijateljima i porodicom. Loši akademski i profesionalni rezultati takođe mogu biti posledica zavisnosti od interneta, jer pojedinci mogu da provode previše vremena na mreži, što dovodi do zanemarivanja drugih obaveza. Problemi sa mentalnim zdravljem, na primer depresija i poremećaji spavanja, takođe mogu biti povezani sa zavisnošću od interneta, jer se pojedinci mogu boriti sa posledicama njihove prekomerne upotrebe.

Opcije lečenja zavisnosti od interneta mogu da variraju u zavisnosti od težine i osnovnih uzroka zavisnosti. Kognitivno-bihejvioralna terapija (CBT) je uobičajena opcija lečenja zavisnosti od interneta, jer može pomoći pojedincima da identifikuju i modifikuju negativne misli i ponašanja u vezi sa korišćenjem interneta. Antidepresivi ili lekovi protiv anksioznosti, takođe mogu biti propisani osobama sa osnovnim mentalnim zdravstvenim stanjima koja doprinose njihovoj zavisnosti. Grupe za podršku mogu da obezbede zajednicu pojedinaca koji razumeju izazove zavisnosti od interneta i mogu da ponude podršku i smernice. U nekim slučajevima, kombinacija ovih opcija lečenja može biti neophodna za postizanje uspešnih ishoda.

Istraživanje

Ispitivana je grupa studenata sa područja Beograda koji studiraju na dve visokoškolske ustanove: a) jednom privatnom univerzitetu koji nudi osnovne, postdiplomske i doktorske nivoe studija u tri oblasti studija: ekonomija i menadžment, pravo i informacione tehnologije; i b) jednoj privatnoj strukovnoj visokoj školi koji nudi program osnovnih studija iz informacionih tehnologija. Ukupan uzorak se sastojao od 169 učenika pošto je poslato 250 upitnika, a 81 odgovor je nedostajao ili je bio nevažeći, što je dalo stopu odgovora od 68%. Najviše studenata (61,5%) bilo je sa pravnog fakulteta, zatim 28,4% iz studija ekonomije i menadžmenta i 10,1% iz informatičkih programa. Odnos žena i muškaraca bio je 2,19 (116 žena na 53 učenika). Preko polovine uzorka (54,4%) bilo je između 20 i 25 godina, sa skoro jednakim udelom u ostalim starosnim grupama. Što se tiče nivoa studija, najzastupljeniji su studenti osnovnih studija (74,6%), zatim 20,7% studenata osnovnih strukovnih studija, a daleko ređi nivoi: master sa 3,6%, i doktoranti samo 1,2% uzorka. Nije bilo statistički značajnih razlika u distribuciji oblasti studija u odnosu na nivo studija (Tabela 1, hi-kvadrat=6,65, p=0,589).

		Oblast studija			Total
		Ekonomija	Pravo	IT	
Nivo	Strukovne osnovne	9	21	5	35
	Akademske osnovne	35	79	12	126
	Master	4	2	0	6
	Doktorske	0	1	1	2
Total		48	104	17	169

Tabela 1. Osobine ispitanika

IAT skor je prihvaćena mera težine zavisnosti od interneta. Popunjava se odgovarajući upitnik sa 20 pitanja, a na svako se može odgovoriti izborom celih brojeva od 0 do 5, što predstavlja Likertovu skalu koja kreće od “ne odnosi se na mene” u oceni 0 do “potpuno se odnosi na mene” u oceni 5. Pošto maksimalni pojedinačni ukupni rezultat može biti 100, koristi se sledeća skala težine: 0 do 30 poena odgovara oceni „Bez zavisnosti“; Od 31 do 49 poena odgovara oceni "blaga zavisnost"; 50 do 79 poena odgovara „umerenoj zavisnosti“; 80 poena i više odgovara „teškoj zavisnosti“. Blaga zavisnost prisutna je kod 69 studenta (40,8%), umerena zavisnost kod 63 studenata (37,2%), kod 30 ispitanika (17,8%) nije utvrđena zavisnost, a kod sedam slučajeva (4%) utvrđena je teška zavisnost. Odnos žena i muškaraca po težini zavisnosti bio je: 54:15 (3,6:1) za blagu zavisnost; 37:26 (1,42:1) za umerenu zavisnost; 21:9 (2,33:1) za bez zavisnosti; 4:3 (1,33:1) za tešku zavisnost. Vidljivo je da je u grupi sa blažom zavisnošću odnos žena i muškaraca ekstremniji nego u celom uzorku; međutim, nije bilo statistički značajne razlike u distribuciji težine zavisnosti u odnosu na pol (tabela, hi-kvadrat=6,29, p=0,098). Prilikom analize distribucije težine zavisnosti u odnosu na oblast proučavanja, grupe studenata po oblastima istraživanja su sačuvane: za blagi stepen zavisnosti 45 studenata (65%) je bilo sa pravnog programa, 17 studenata (24,6%) je bilo iz ekonomije i menadžmenta, a sedam studenata (10%) studiralo je IT. Za umereni stepen zavisnosti, 35 studenata (55,5%) je bilo iz prava, 21 student (33,3%) iz ekonomije i menadžmenta, a sedam studenata (11,1%) iz IT. Sastav sloja bez zavisnosti je sledeći: 19 studenata (63,3%) iz oblasti prava, devet (30%) iz ekonomije i menadžmenta i dva (6,7%) iz IT. Konačno, za najekstremniji stepen zavisnosti bilo je pet (71%) studenata pravnog fakulteta i jedan student (14,7%) iz ekonomije i menadžmenta i informatike. Hi-kvadrat test ne pokazuje statistički značajnu razliku u distribuciji stepena težine zavisnosti u odnosu na područje istraživanja (tabela, hi-kvadrat=2,58, p=0,858).

Slično, ako analiziramo podatke tražeći statistički značajnu razliku u distribuciji stepena težine zavisnosti u odnosu na nivo studije, ne dobijamo statistički značajnu razliku (Tabela 2, hi-kvadrat=13,16, p=0,357).

		Oblast studija			Total
		Ekonomija	Pravo	IT	
Zavisnost	Nema	9	19	2	30
	Blaga	17	45	7	69
	Umerena	21	35	7	63
	Teška	1	5	1	7
Total		48	104	17	169

Tabela 2. Distribucija rezultata

Tehnikom klasterovanja k-sredina dobili smo četiri klastera koji odgovaraju stepenima zavisnosti od interneta, poređano po porastu stepena zavisnosti. Pokazalo se da određena pitanja iz upitnika IAT dominantno utiču na pripadnost određenim klasterima. To je najbolje

vidi iz Tabele 3, gde je pokazamo koja pitanja imaju značajno niži, a koja viši skor po klasterima:

Pitanje/Klaster (broj studenata)	**0 (80)**	**1 (24)**	**2 (62)**	**3 (3)**
Q2				185.2% viši
Q7			37.29% viši	
Q10			41% viši	
Q13	80.31% niži	222.1% viši		
Q14				100% niži
Q18		168% viši		
Q19	74.72% niži	273% viši		285% viši
Q20	64.32% niži		35.6% viši	

Tabela 3. Značajna pitanja u klaster analizi

Ceo upitnik IAT dostupan je na više mesta na internetu (npr ovde https://www.iitk.ac.in/counsel/resources/IATManual.pdf), a u nastavku (Tabela 4) ističemmo samo ona pitanja koja su bila relevantna za postupak klasterovanja. Zaključujemo da oni koji uopšte ne pate od zavisnosti ističu svoju neutralnost prema internetu i sadržajima, da oni koji pokazuju blagu zavisnost imaju svest o psihološkim problemima i problemima interakcije, dok oni koji pokazuju umerenu zavisnost sebe ocenjuju značajno uznemirenima kada su lišeni pristupa internetu. U poslednjem klasteru već uočavamo zanemarivanje živitnih obaveza kao značajan problem.

Kod – Pitanje

Q2 Koliko često zanemarujete kućne poslove da biste više vremena provodili na mreži?

Q7 Koliko često proveravate svoju e-poštu pre nečega što treba da uradite?

Q10 Koliko često blokirate uznemirujuće misli o svom životu umirujućim mislima o internetu?

Q13. Koliko često pucate, vičete ili se iznervirate ako vam neko smeta dok ste na mreži?

Q14 Koliko često gubite san zbog toga što ste na mreži?

Q18 Koliko često pokušavate da sakrijete koliko dugo ste na mreži?

Q19 Koliko često birate da provedete više vremena na mreži nego da izlazite sa drugima?

Q20 Koliko često se osećate depresivno, neraspoloženo ili nervozno kada ste van mreže, što nestaje kada se vratite na mrežu?

Tabela 4. Značajna pitanja iz klaster analize.

Zaključna razmatranja

Zavisnost od interneta postala je sve veća briga poslednjih godina, jer se sve više vremena provodi na mreži. Mnogi radovi bave se istraživanjem uzroka i posledica zavisnosti od interneta, kao i opcijama lečenja za pojedince koji se bore sa ovim problemom. Poznati su i uvidi u psihološke i socijalne faktore koji doprinose njenom razvoju, a članci takođe govore o potencijalnim posledicama zavisnosti od interneta, uključujući društvenu izolaciju, loše akademske i radne rezultate i probleme mentalnog zdravlja. Iako zavisnost od interneta nije formalno definisana kao mentalni poremećaj ili bolest, mnogi deskriptivni termini se koriste da izazovu fenomen neprikladne upotrebe internet usluga.Tako nalazimo termine „kompulzivo korišćenje“, „preterano korišćenje interneta“, „problematično korišćenje interneta“, „patološka upotreba interneta“, „zavisnost od interneta“, „zavisnost od računara“, „zavisnost od mreže“, a sve upućuje na probleme koje pojedinac ima u funkcionisanju zbog preteranog utroška vremena ili neadekvatne strukture vremena zbog upotrebe interneta. Prikazana je primena metoda klasterovanja na utvrđivanje značajnih karakteristika zavisnosti od interneta u populaciji studenata. Pokazalo se da ova populacija ne iskazuje karakteristike značajne zavisnosti od interneta.

Literatura

Alpaydin, E. (2010). Introduction to machine learning (2nd ed.). Cambridge, MA: MIT Press.

Domingos, P. (2015). The master algorithm: How the quest for the ultimate learning machine will remake our world. New York: Basic Books.

Griffiths, M. D. (2000). Internet addiction-time to be taken seriously? Addiction Research, 8(5), 413-418.

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. Science, 349(6245), 255-260.

Kuss, D. J., & Griffiths, M. D. (2017). Internet addiction in psychotherapy. Basingstoke, UK: Palgrave Macmillan.

Lam, L. T., & Peng, Z. W. (2010). Effect of pathological use of the internet on adolescent mental health: A prospective study. Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, 164(10), 901-906.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436-444.

Murphy, K. P. (2012). Machine learning: A probabilistic perspective. Boca Raton, FL: CRC Press.

Meerkerk, G. J., van den Eijnden, R. J. J. M., Vermulst, A. A., & Garretsen, H. F. L. (2009). The Compulsive Internet Use Scale (CIUS): Some psychometric properties. CyberPsychology & Behavior, 12(1), 1-6.

Young, K. S. (1998). Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder. CyberPsychology & Behavior, 1(3), 237-244.

Goran Popović[1]
Goran Đukanović[2]

Originalni naučni rad
UDK 519.17:681.586]:007.52

UNAPREĐENJE MODELA VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE ZA OPTIMIZACIJU BEŽIČNIH SENZORSKIH MREŽA PRIMJENOM ALGORITMA SIVOG VUKA

Sažetak

U ovom radu autori razmatraju mogućnosti primjene algoritma sivog vuka GWO (Grey Wolf Optimisation) na optimizaciju nekoliko bitnih parametara koji određuju kvalitet bežičnih senzorskih mreža. Cilj rada je da se pokaže robustnost algoritma i njegova primjenjivost na čitav niz različitih problema koji prate razvoj WSN kao jedne od najaktuelnijih tehnologija savremenog informacionog društva i nezaobilazanog dijela svake implementacije vještačke inteligencije u svakodnevni život. Ukazaćemo na prednosti algoritma i predočiti mogućnosti za njegovu dalju primjenu.

Ključne riječi: GWO, Optimizacija, IoT, Vještačka inteligencija, WSN

IMPROVEMENT OF AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODEL FOR OPTIMIZATION OF WIRELESS SENSOR NETWORKS USING THE GRAY WOLF ALGORITHM

Abstract

In this paper, the authors consider the possibilities of applying the GWO (Grey Wolf Optimization) algorithm to the optimization of several important parameters that determine the quality of wireless sensor networks. The aim of the paper is to show the robustness of the algorithm and its applicability to a whole series of different problems that follow the development of WSN as one of the most actual technologies of the modern information society and an unavoidable part of every implementation of artificial intelligence in everyday life. We will point out the advantages of the algorithm and present the possibilities for its further application.

Key words: Artificial intelligence, GWO, IoT, Optimization, WSN,

[1] Evropski univerzitet "Kallos" Tuzla, popovic.goran@bk.ru
[2] Panevropski univerzitet „Apeiron" Banja Luka, djukanovicg@gmail.com

1. Uvod

Metaheuristički algoritmi su vrsta heurističkih algoritama koji su se u praksi pokazali kao izuzetno efikasni u rješavanju NP-teških optimizacionih problema. Radi se o algoritmima koji za razliku od heuristika specifičnih problema nisu namijenjeni za rješavanje tačno određenog, već širokog skupa sličnih problema. NP-teške probleme nije jednostavno riješiti, a često nije ni moguće, egzagtnim algoritmima u realnom vremenu, pa se metaheuristike nameću kao najbolje riješenje. Postoji veliki broj različitih vrsta metaheurističkih algoritama, zavisno od kriterijuma koji se uzima za klasifikaciju. U ovom radu nas zanimaju algoritmi koji spadaju u grupu prirodno-inspirisanih algoritama. Ovi algoritmi su naizgled jednostavni, a rješavaju izuzetno kompleksne probleme. Savremeni modeli vještačke inteligencije su bez implementacije prirodno-inspirisanih algoritama gotovo nezamislivi. Jedan od algoritama ove vrste koji se sve više koristi u različitim primjenama zbog svoje robustnosti i izuzetnih karakteristika je algoritam sivog vuka GWO (Gray Wolf Optimization).

U ovom radu ćemo opisati mogućnosti primjene GWO optimizacije na nekoliko tipičnih problema koji se javljaju u bežičnim senzorskim mrežama WSN (Wireless Sensor Networks). WSN su neizostavan dio savremenih IoT (Internet of Things) mreža kao segment zadužen za akviziciju podataka sa terena od interesa. Pojedinačni senzorski čvorovi vrše očitavanja određenih fizičkih veličina i prikupljene podatke prosleđuju kroz bežičnu mrežu do konačnog odredišta gdje se ti podaci agregiraju, obrađuju i na osnovu očitanih veličina donose odgovarajuće odluke koje upravljaju aktuatorima u sistemu. Senzori su mali, jeftini uređaji koji troše relativno malu energiju prilikom svog rada. Međutim, s obzirom da se napajaju baterijski a obično su locirani na nepristupačnim pozicijama, zamjenu ili dopunjavanje baterija obično nije moguće ili nije isplativo vršiti. Stoga je problem potrošnje energije u WSN ključan problem koga je potrebno riješiti primjenama odgovarajućih metoda za optimizaciju. GWO je jedna od metoda koja ovdje može biti od značajne pomoći.

U drugom poglavlju, odmah nakon uvoda, opisaćemo Algoritam sivog vuka GWO i predstaviti matematički model koji se može primjeniti na čitav niz optimizacionih problema. U trećem poglavlju ćemo dati pregled nekoliko parametara bitnih za WSN čijom se optimizacijom mogu značajno poboljšati performanse mreže i objasniti mogućnosti GWO u tom smislu. Autori će predložiti i naznačiti mogućnosti unapređenja nekih od modela kojima se mogu značajno poboljšati performanse ovih mreža.

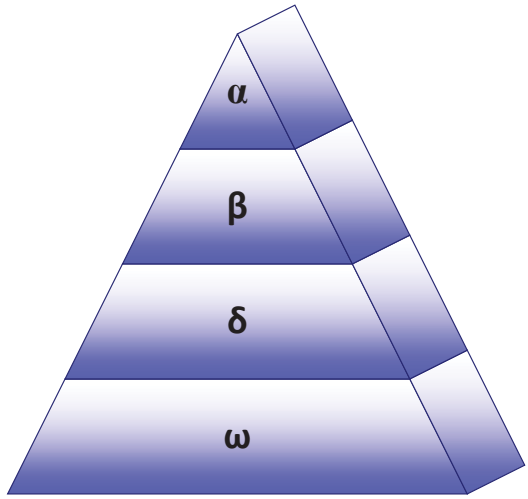
2. Algoritam sivog vuka

Sivi vuk je životinjska vrsta iz roda Canis specifičan po svojim osobinama vezanim za socijalno ponašanje i djelovanje. Kao predator, nalazi se na samom vrhu lanca ishrane. Sivi vukovi prirodno žive u čoporima a usamljeni vukovi su obično prelazno stanje od odvajanja od jednog čopora do zasnivanja novog. Čopor se u prosjeku sastoji od 5-12 članova, mada su zabilježeni i čopori od preko 40 članova. Socijalne zajednice sivih vukova imaju jasno izraženo hijerarhijsko ustrojstvo u četiri nivoa koje je prikazano na Slici 1 [1]. Hijerarhijski nivoi se mogu opisati na slijedeći način:

α nivo: alfa mužijak ili ženka su jedinke koje imaju ulogu vođe čopora. Alfa donosi odluke o lovu, spavanju, buđenju itd. U toku lova odlučuje kada se treba pokrenuti, kada odmarati, kada napasti, kada odustati itd. To nije uvijek član čopora koji je najjači već onaj čije su upravljačke

sposobnosti najbolje. Čopor strogo slijedi naređenja alfe a svi članovi ga obavještavaju o prijemu naredbe držeći rep u podvijenom stanju.

β nivo: vukovi koji održavaju alfu na vlasti i pomažu mu u donošenju odluka. Ukoliko alfa ugine, beta preuzima njegovu ulogu. Dakle bete su zadužene za disciplinu i poslušnost u izvršavanju naređenja alfe u ostatku čopora. I beta vukovi mogu biti mužijaci ili ženke.



Slika 1. Hijerarhijsko ustrojstvo čopora sivih vukova

ω nivo: članovi najnižeg hijerarhijskog nivoa. Dužni su izvršavati naređenja svih viših slojeva i poslednji su u redu za dobijanje hrane. Potrebni su za povezivanje hijerarhijske piramide u cjelinu ali u principu nisu neophodni. Pomažu u izvršavanju svih dužnosti viših slojeva čopora. Ponekad su zaduženi za čuvanje mladunaca.

δ nivo: dominiraju nad omega članovima a slušaju naređenja sa dva viša nivoa. To su često izviđači, stari vukovi, lovci i njegovatelji starih, mladunaca ili bolesnih. Brinu o bezbijednosti čopora i upozoravaju na opasnost.

Identifikovane su glavne faze u procesu lova čopora sivih vukova koje se mogu grupisati kao [1]:

- Praćenje, jurenje i približavanje hrani (plijenu)
- Progonjenje, okruživanje i iritiranje sve dok se plijen ne zaustavi
- Napad usmjeren na plijen

Prve dvije faze se mogu podvesti pod istraživanje a dio druge i čitava treća faza je eksploatacija. Pretraživanje se odvija u globalnom prostoru a eksploatacija koja podrazumijeva okruživanje plijena i napad je iznalaženje optimalnog rješenja u lokalnom prostoru.

Matematički model koji opisuje fazu približavanja plijenu je prikazan izrazima:

$$\vec{D} = \left|\vec{C}.\overrightarrow{X_p}(t) - \vec{X}(t)\right| \quad (1)$$

$$\vec{X}(t+1) = \overrightarrow{X_p}(t) - \vec{A}.\vec{D} \quad (2)$$

$\vec{D}$ – Procjena udaljenost između vuka i plijena

t – trenutna iteracija

$\overrightarrow{X_p}$ – vektor trenutne pozicije plijena u t-toj iteraciji

$\overrightarrow{X(t)}$ – vektor trenutne pozicije vuka u t-toj iteraciji

$\vec{X}(t+1)$ – slijedeća pozicija vuka

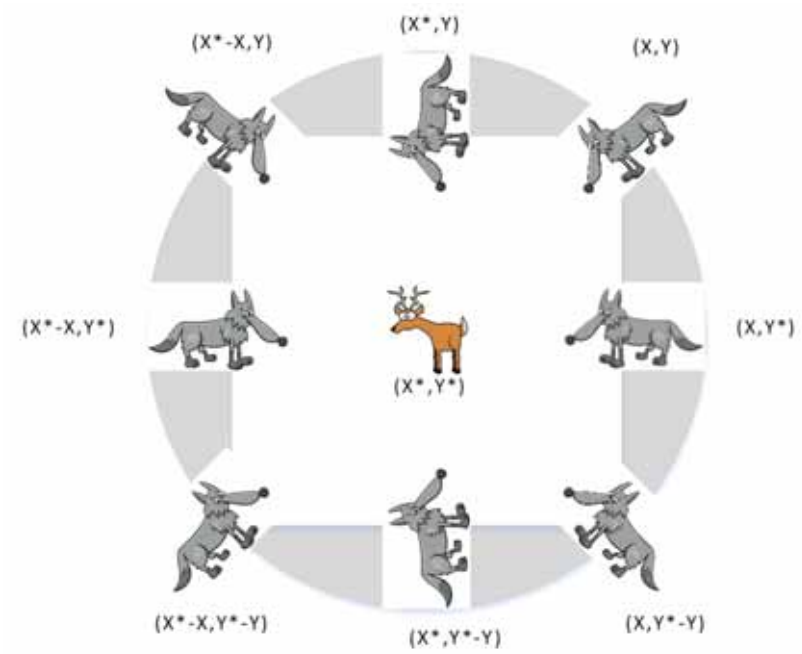
| | apsolutna vrijednost rezultata

. množenje pojedinačnih elemenata vektora

Vektori $\vec{A}$ i $\vec{C}$ su vektori koeficijenata i računaju se pomoću izraza:

$$\vec{A} = 2\vec{a}.\vec{r}_1 - \vec{a} \quad (3)$$

$$\vec{C} = 2.\overrightarrow{r_2} \quad (4)$$



,

Slika 2. Hijerarhijsko ustrojstvo čopora sivih vukova

Pri tome se komponente vektora $\vec{a}$ tokom iteracija linearno smanjuju od vrijednosti 2 do 0 na taj način upravljajući kretanjem kroz algoritam. Vektori $\vec{r_1}$ i $\vec{r_2}$ su slučajni vektori sa elementima iz skupa [0,1], koji pomažu u pozicioniranju sivog vuka u odnosu na plijen, simuliranjem različitih brzina kretanja vukova. Koristeći izraze (1) i (2) vukovi se relociraju u hipersferi koja okružuje plijen. Svi vukovi iz čopora tako mijenjaju sopstvenu poziciju u skladu sa promjenom pozicije plijena. Različite pozicije oko najboljeg rješenja postižu se odgovarajućim vrijednostima $\vec{A}$ i $\vec{C}$.

Izrazi (1) i (2) mogu se ilustrovati dvodimenzionalnom interpretacijom problema prikazanom na Slici 2 gdje je prikazana pozicija plijena, trenutna pozicija vuka, i mogućnosti za novo pozicioniranje vuka. Sivi vuk na poziciji (X,Y) mijenja svoju poziciju u odnosu na trenutnu poziciju plijena (X^*,Y^*). Nova pozicija se dostiže podešavanjem vrijednosti vektora $\vec{A}$ i $\vec{C}$.

U drugoj fazi, vukovi progone i okružuju plijen. Ovu fazu uobičajeno predvodi alfa vuk ali učestvuju povremeno i beta i delta a omege ih slijede. Tačna lokacija plijena (optimuma) nije unaprijed poznata. U matematičkoj simulaciji pretpostavljamo da alfa, beta i delta posjeduju bolja saznanje o mogućoj lokaciji plijena u odnosu na omege. Alfa vuk se uzima kao najbolji kandidat za rješenje problema. Omega vukovi podešavaju svoje pozicije u skladu sa tri najbolja rješenja koja se dobijaju za alfa, beta i delta vukove u svakoj od iteracija. Pri tome se koriste slijedeći izrazi u skladu sa situacijom prikazanom na slici:

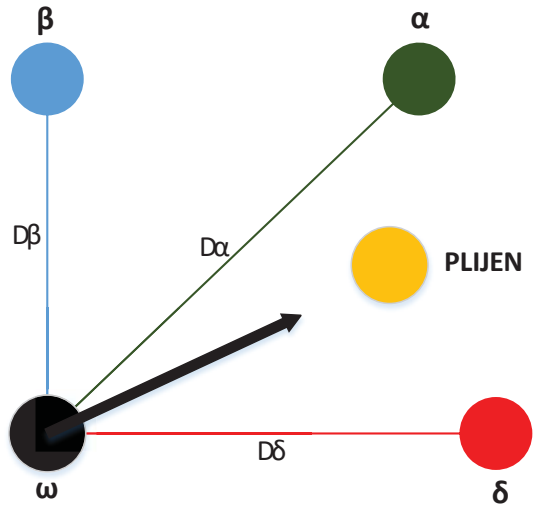
$$\overrightarrow{D_\alpha} = \left|\overrightarrow{C_1}.\overrightarrow{X_\alpha}(t) - \vec{X}(t)\right|, \qquad \overrightarrow{D_\beta} = \left|\overrightarrow{C_2}.\overrightarrow{X_\beta}(t) - \vec{X}(t)\right|, \qquad \overrightarrow{D_\delta} = \left|\overrightarrow{C_3}.\overrightarrow{X_\delta}(t) - \vec{X}(t)\right| \tag{5}$$

$$\overrightarrow{X_1} = \overrightarrow{X_\alpha}(t) - \overrightarrow{A_1}.\overrightarrow{D_\alpha}, \qquad \overrightarrow{X_2} = \overrightarrow{X_\beta}(t) - \overrightarrow{A_2}.\overrightarrow{D_\beta}, \qquad \overrightarrow{X_3} = \overrightarrow{X_\delta}(t) - \overrightarrow{A_3}.\overrightarrow{D_\delta} \tag{6}$$

gdje su $\overrightarrow{D_\alpha}$, $\overrightarrow{D_\beta}$ i $\overrightarrow{D_\delta}$ vektori udaljenosti između alfa, beta i delta respektivno u odnosu na ostale vukove tj. omega. Nova pozicija omega vuka u skladu sa izrazima (5) i (6) se dobija iz:

$$\overrightarrow{X_\omega}(t+1) = \frac{\overrightarrow{X_1} + \overrightarrow{X_2} + \overrightarrow{X_3}}{3} \tag{7}$$

Pozicioniranje u skladu sa gornjim izrazima može se predstaviti na Slici 3.



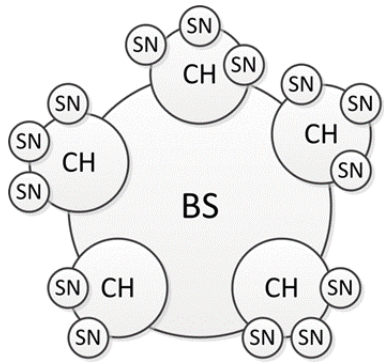
Slika 3. Pozicioniranje ω vuka u odnosu na kretanje plijena i odluke viših hijerarhijskih nivoa

Poslednja faza je napad na plijen kada se završi njegovo kretanje. Matematički model ove faze podrazumijeva linearno smanjivanje vektora $\vec{a}$ kroz iteracije, čime se $\vec{A}$ podešava na vrijednosti iz opsega $[-\vec{a}, \vec{a}]$. GWO algoritam će do kraja juriti plijen ako je $|\vec{A}| < 1$ a u suprotnom će tragati za drugim plijenom. Pored toga, parametar $\vec{C}$ uzima vrijednosti iz opsega [0,2] čime se izbjegava stagnacija u lokalnom optimumu dodjeljivanjem slučajnih vrijednosti podešavanju pozicije. Ovo za posljedicu ima efikasno izbjegavanje lokalnih optimuma što opet dovodi do brže konvergencije algoritma.

3. Principi optimizacije WSN primjenom algoritma sivog vuka

Bežične senzorske mreže WSN predstavljaju najniži hijerarhijski sloj savremenog IoT koncepta, koji ima zadaću da prikupi podatke od interesa sa određene mikrolokacije i proslijedi ih višim nivoima na obradu i odlučivanje. WSN se sastoji od većeg broja senzorskih čvorova koji su obično nasumično raspoređeni na određenom terenu. Svaki od čvorova prikupljene podatke prosleđuje bežično do prvog višeg hijerarhijskog nivoa, uz pomoć neke od tehnologija malog dometa. Mreže su obično organizovane u klastere, na način da svaki klaster ima po jednog vođu klastera CH (Cluster Head) koji prikuplja podatke od članova svog klastera i prosleđuje ih prema baznoj stanici BS (Slika 4), koja treba da izvrši akviziciju podataka iz čitave mreže i proslijedi ih u centar za obradu podataka [2,3]. Dio veze od čvorova do BS je onaj koji je kritičan za potrošnju energije u mreži. Svaki čvor najviše energije potroši upravo za kominikaciju, znatno više nego za očitavanje fizičkog fenomena ili lokalne obrade podataka [4]. Stoga je upravo u ovom dijelu potrebno učiniti neophodne optimizacije kako bi se maksimizirao životni vijek mreže i stabilnost njenog rada. Eksploatacija WSN prati čitav niz problema koje je potrebno riješiti i optimizovati na način da najmanje utiču na opstrukciju

efikasnog i stabilnog rada mreže. U ovom radu ćemo se osvrnuti na dva problema, to su lokalizacija senzorskih čvorova i izbor vođe klastera gdje GWO može biti od značajne koristi.



Slika 4. Hijerarhijska organizacija WSN

3.1. Lokalizacija senzorskih čvorova

Jedan od čestih problema u WSN je lokalizacija senzorskih čvorova. Neke mreže, zavisno od aplikacije, se formiraju bacanjem senzora iz aviona iznad nepristupačnog područja od interesa (prirodne katastrofe, ratom zahvaćeno područje, obavještajne primjene itd.) [5]. Lokacije pojedinačnih čvorova su stoga slučajne i nisu poznate ostatku mreže a potrebno ih je odrediti zbog ispravnog konfigurisanja mreže i optimalnog korišćenja ograničenog izvora energije. Postavljanje GPS uređaja u svaki od senzora nije isplativo, pošto su senzori uređaji ograničenog trajanja s obzirom na autonomni izvor napajanja i nemogućnost zamjene baterije na terenu, pa se teži da budu što jeftiniji. Određeni broj senzora sa GPS uređajem se međutim mora ubaciti mrežu [6]. Ovi senzori se koriste kao referentni kako bi se mjerenjem udaljenosti od ostalih senzora bez GPS odredila njihova tačna lokacija. Poziciju nepoznatog senzora označavamo sa (X,Y) a poziciju senzora sa poznatim koordinatama sa (x,y). Određivanje koordinata za N nepoznatih čvorova moguće je izvršiti po slijedećoj proceduri korišćenjem GWO algoritma:

1. Inicijalizuje se N čvorova sa nepoznatim i M sa poznatim koordinatama unutar komunikacionog opsega R. Čvorovi sa GPS šalju svoje koordinate svim susjedima. Kroz iteracije se i ostali čvorovi identifikuju kao referentni pa se u ostalim koracima tako i tretiraju.
2. Tri ili više referentnih čvorova se uzimaju u obzir kao lokalizovani unutar komunikacionog opsega čvora i u odnosu na njih se određuju koordinate čvora.

3. Susjedni referentni čvor pomaže u određivanju koordinata lokalizovanih čvorova. Mjerenje udaljenosti može biti otežano zbog prepreka na terenu. Kompenzacija ove greške uvodi se kroz gausov šum u izrazu kojim se vrši estimacija udaljenosti čvora od referentnog čvora:

$$\widehat{d_i} = [d_i + n_i] \tag{8}$$

gdje je:

$$d_i = \sqrt{(X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2} \tag{9}$$

stvarna udaljenost između čvora sa nepoznatim koordinatama i i-tog referentnog čvora.

4. Optimizacioni problem se svodi na minimizaciju greške problema lokalizacije. Svaki lokalizovani čvor samostalno izvodi GWO algoritam kako bi identifikovao svoje (x,y) koordinate. Fitness funkcija se definiše sa:

$$f(x,y) = min\left(\sum_{1=1}^{M}\left|d_i - \widehat{d_i}\right|\right) \quad (10)$$

Gdje je M broj referentnih čvorova koji se nalaze u dometu ciljanog čvora.

5. Koraci 2-4 se ponavljaju sve dok svi čvorovi ne budu lokalizovani.

3.2. Izbor vođe klastera CH

Klasterizacija WSN ima nekoliko značajnih prednosti u odnosu na direktan prenos podataka:

a) smanjuju se udaljenosti preko kojih se vrši prenos podataka a na taj način i potrošnja energije
b) smanjuje se opterećenje raspoloživih kanala kao i procenat kolizija paketa prilikom prenosa
c) povećava se protok u uslovima visokog opterećenja mreže.

Izbor CH i odgovarajućeg algoritma rutiranja podataka su od suštinske važnosti za opšte performanse primjenjenog protokola a pogotovo na uštedu energije u WSN. Izbor CH je problem NP težine pošto se vrši izbor m optimalnih CH od ukupno n senzorskih čvorova u mreži što pruža $\binom{n}{m}$ mogućnosti izbora [7]. U ovakvim slučajevima klasične metode optimizacije ne daju dobre rezultate [8]. Stoga se metaheuristički algoritmi postavljaju kao jedino efikasno rješenje.

Ovdje ne ulazimo u način formiranja klastera već polazimo od toga da su klasteri već na neki način formirani i da je broj senzorskih čvorova u svakom od njih približno jednak. Takođe se podrazumijeva da svaki čvor šalje baznoj stanici informacije o svom ID, preostaloj energiji i tačnoj lokaciji. GWO algoritam se može efikasno primjeniti kod izbora vođe klastera u hijerarhijskim klasterizovanim WSN mrežama. Koristi se za determinaciju parametara u fitness funkciji. Na taj način se pokušava postići ravnoteža između nekoliko zadatih ciljeva. Bazna stanica (sink) se pri tome tretira kao plijen. Mrežni čvorovi se dijele u tri grupe. Prvu grupu predstavljaju alfa čvorovi koji imaju najviši prioritet za prenos podataka. Beta čvorovi su članovi klastera koji će u narednim koracima biti birani za CH. Delta i gama čvorovi pripadaju trećoj grupi i to su svi preostali članovi klastera. Beta, delta i gama čvorovi šalju svoje prikupljene podatke ka alfa čvorovima. Ako su neki alfa čvorovi bliži BS od ostalih podaci se prosleđuju prema njima.

Parametri fitness funkcije su: udaljenost između čvorova, udaljenost od čvora do sinka, očekivana energija koja će se potrošiti pri prenosu podataka od slijedećeg hopa do sinka, preostala energija u čvoru. Udaljenost između čvorova i i j se računa uz pomoć izraza:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \tag{11}$$

A udaljenost između čvora i i sinka uz pomoć izraza:

$$D_{is} = \sqrt{(x_i - x_s)^2 + (y_i - y_s)^2} \tag{12}$$

Pri tome se koristi klasični radio model prvog reda, za prenos u slobodnom prostoru, [9] koji nam pokazuje koliko se energije u mreži troši za prenos poruke od L bita:

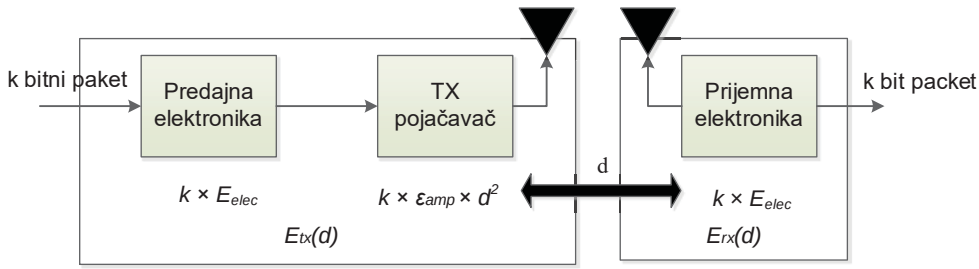
$$E_{Tx}(L,d) = \begin{cases} LxE_{elec} + Lxe_{fs}xd^2, & ako\ je\ d < d_0 \\ LxE_{elec} + Lxe_{amp}xd^4, & ako\ je\ d \geq d_0 \end{cases}$$

(13)

$$E_{Rx}(L) = LxE_{elec} \tag{14}$$

$$E_{tot} = E_{Tx} + E_{Rx} \tag{15}$$

Gdje je E_{Tx} energija potrebna za predaju poruke, E_{elec} energija koja se utroši u elektronskom kolu po bitu poruke u predajniku ili prijemniku, e_{fs} je pojačanje energije u modelu slobodnog prostora a e_{amp} je pojačanje u multipath modelu a d_0 je prag na osnovu kog se određuje dio modela koji se koristi u svakoj konkretnoj situaciji gdje je $d_0 = \sqrt{\frac{e_{fs}}{e_{mp}}}$, E_{Rx} je potrošnja energije u prijemniku prilikom prijema poruke dužine L bita i konačno E_{tot} ukupna energija koja se utroši u mreži za primopredaju poruke dužine L bita.



Slika 5. Klasični radio model prvog reda

Fitness funkcija se u mnogim radovima koji tretiraju ovu temu predstavlja na različite načine. U [10] je predložena minimizacija funkcije (16):

$$f = \sum_{i,j=1}^{n} D_{ij} + \sum_{i=1}^{n} D_{is} + \sum_{i,j=1}^{n} E_{TXij} - \sum_{i,j=1}^{n} E_i$$

(16)

uz uslove:

$$\sum_{i=1}^{n} D_i \leq D_{is} \tag{17}$$

$$\sum_{1=1}^{n} D_{(i-1)s} \leq D_{is} \tag{18}$$

$$\sum_{i=1}^{n} E_{TXij} \leq \sum_{i=1}^{n} \sum_{k=1}^{m} \frac{E_{TXik}}{k} \tag{19}$$

$$\sum_{i=1}^{n} E_i \leq E_{tot} \tag{20}$$

Gdje je D_i udaljenost od ishodišnog čvora do slijedećeg hopa, D_{is} je udaljenost od slijedećeg hopa do sinka, E_i je preostala energija čvora i. Na osnovu vrijednosti fitness funkcije vrši se izbor slijedećeg hopa prilikom prosleđivanja podataka prema odredištu tj. izbor ooptimalnog lokalnog parcijalnog rješenja. Ovakav pristup dovodi do globalno optimalnog rutiranja.

Autori se u svojim istraživanjima baziraju na tri parametra koje je moguće optimizovati uz pomoć GWO, koje ćemo u nastavku opisati.

Prosječna udaljenost između senzorskih čvorova unutar klastera:

Nakon formiranja klastera u WSN potrebno je izabrati senzorski čvor koji će u tom klasteru imati ulogu vođe klastera CH, vršiti agregaciju svih podataka dobijenih sa terena i prosleđivati ih potom na viši hijerarhijski nivo direktno do BS ili do nekog relejnog čvora. Ne ulazeći u način formiranja klastera, napomenućemo da se i u fazi njihovog formiranja može primjeniti sličan postupak unaprijed vodeći računa o percepiranoj poziciji CH pa tako i o pripadajućim senzorskim čvorovima. Funkcija f_1 predstavlja srednju udaljenost između senzorskih čvorova članova i predstavlja se izrazom:

$$f_1 = \sum_{j=1}^{m} \frac{1}{n_j - 1} \sum_{k=1,(k \neq j)}^{n_j} D_{k,CH_j} \tag{21}$$

gdje je m broj klastera, odnosno CH u mreži, n_j je broj senzorskih čvorova i j-tom klasteru, D_{k,CH_j} je udaljenost između k-tog čvora i kandidata za CH u mreži. Cilj optimizacije je da ukupna suma po svim klasterima, srednjih udaljenosti između svih pripadnika klastera i izabranih CH bude minimalna. Minimizacijom ove funkcije garantuje se da će u prosjeku udaljenosti čvora od CH biti najmanja moguća pa će se uštediti na ukupnoj energiji mreže s obzirom na zavisnost potrošnje energije od kvadrata rastojanja.

Udaljenost između kandidata za CH i bazne stanice u mreži:

Prosječna udaljenost od svih CH u mreži do bazne stanice izražava se funkcijom f_2 preko zavisnosti:

$$f_2 = \sum_{i=1}^{m} \frac{1}{m} D_{CH_i,BS} \quad (22)$$

CH je senzorski čvor koji troši najviše energije u mreži, s obzirom da vrši agregaciju podataka od svih ostalih čvorova u klasteru i prosleđuje ih ka baznoj stanici. Stoga je prilikom optimizacije potrebno voditi računa o udaljenosti CH od bazne stanice i na taj način

Rezidualna energija kandidata za CH:

Preferiraju se kandidati sa više preostale energije [11] pa se optimizuje parametar koji predstavlja sumu rezidualnih energija svih kandidata za CH u mreži:

$$f_3 = \frac{1}{\sum_{i=1}^{m} E_{CH_i}} \quad (23)$$

gdje je E_{CH_i} preostala energija u kandidatu za CH i-tog klastera. Pošto se ukupna vrijednost energije maksimizira fitness funkcija se uzima kao njena recipročna vrijednost.

Fitness funkcija:

Kombinovana objektivna funkcija koju je potrebno minimizirati je predstavljena sa:

$$F = \alpha \, x \, f_1 + \beta \, x \, f_2 + \gamma \, x \, f_3 \quad (24)$$

Gdje za težinske parametre važi:

$$\alpha + \beta + \gamma = 1 \quad (25)$$

Kandidati sa minimalnom objektivnom funkcijom se biraju za CH u svojim klasterima.

Kroz ove faze GWO se može iskoristiti na različite načine. U [12] algoritam inicijalno bira CH u svakom od klastera na slučajan način pa se računa objektivna funkcija za svaki od njih. Potom se biraju najbolji agenti α (prvi izbor), β (dugi), δ (treći) i ostatak se tretira kao ω. Uz pomoć tri najbolja rješenja ostali agenti podešavaju svoje pozicije a novoizabrani položaji se biraju za CH koji zadovoljavaju objektivnu funkciju.

U [13] se minimizira zaglavlje podataka tako što se eliminiše setup faza iz protokola, prilikom izbora CH [14] u rundama u kojima prethodno izabrani vođa klastera i dalje ima zadovoljavajući nivo energije, sve dok najmanje jedan od CH ne potroši više od 50% inicijalne energije kada se ponovo ulazi u setup fazu za izbor novih CH. Ovdje se uvodi fitness funkcija koja je direktno povezana sa potrošnjom energije u mreži i uvodi se dodatni relejni čvor na poziciji između CH i BS koja je optimalna u smislu minimizacije potrošnje energije prilikom prenosa. Maksimizira se fitness funkcija:

$$f = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{E_R(i)}{E_C(i)}$$

(26)

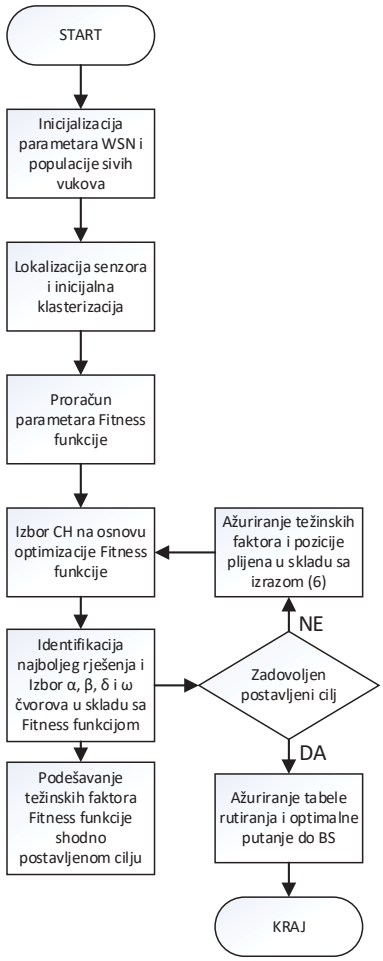
gdje je $E_R(i)$ rezidualna energija čvora $E_C(i)$ iznos energije koju čvor potroši u jednoj rundi shodno njegovoj ulozi u mreži. Uvodi se i važan uslov:

$$E_r(CH_j) > \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} E_r(i), \qquad 0 < j \leq m$$

(27)

koji garantuje da će preostala energija CH biti veća od prosječne energije svih čvorova u mreži.

Opšta struktura algoritma koji istovremeno optimizuje lokalizaciju senzorskih čvorova u mreži ali i izbor CH u klasterima, u skladu sa prethodno provedenom analizom je prikazana na dijagramu toka sa Slike 6.



Slika 6. Dijagram toka primjene GWO u WSN

Proces optimizacije se završava kada se dođe do postavljenog cilja ili se dostigne maksimalan broj iteracija.

4. Zaključak

U ovom radu su predočene mogućnosti upotrebe biološki inspirisanog, metaheurističkog GWO algoritma u optimizaciji bežičnih senzorskih mreža. Izdvojena su dva bitna parametra za optimizaciju: lokalizacija senzorskih čvorova i izbor vođe klastera CH. Autori su opisali algoritam sivog vuka GWO i ukazali na njegove prednosti prilikom rješavanja predmetnog problema. GWO algoritam je sve popularniji u velikom broju aplikacija pa tako i u optimizaciji WSN parametara. U predočenom algoritmu, koji je zasnovan na kompilaciji nekoliko različitih istraživanja su objedinjene obe optimizacije. U daljem radu, autori će istraživati mogućnosti GWO algoritma u optimizaciji WBAN (Wireless Body Area Networks) i LWSN (Linear WSN) mreža koje do sada nisu optimizovane u literaturi na ovaj način.

LITERATURA

1. S. Mirjalili, S. M. Mirjalili, A. Lewis, Grey wolf optimizer, Advances in Engineering Software 69, 46-61, 2014
2. G. Đukanović, G. Popović, Tehnike za klasterizaciju u bežičnim senzorskim mrežama, 8th International Scientific Congress – ITeO (Informational Technology for e-Education) Banja Luka, September 2016.
3. G. Popovic, G. Djukanovic, Cluster formation techniques in hierarchial routing protocols for Wireless Sensor Networks, Journal of Information Technology and Aplications JITA, June 2016., 1:35-41
4. G. Popović, G. Đukanović, Produženje životnog vijeka bežičnih senzorskih mreža, zasnovano na Hamiltonovoj hipotezi, XVI međunarodni naučno-stručni simpozijum INFOTEH-JAHORINA 2017, Vol.16, pp 249-252
5. G. Djukanovic, D. N. Kanellopoulos, G. Popovic. Evaluation of a UAV-Aided WSN for Military Operations: Considering Two Use Cases of UAV, International Journal of Interdisciplinary Telecommunications and Networking (IJITN) 14, no.1: 1-16. 2022.
6. R. Rajakumar, et all, GWO-LPWSN: Grey Wolf Optimization Algorithm for Node Localization Problem in Wireless Sensor Networks, Hindawi Journal of Computer Networks and Communications, Volume 2017
7. P. S. Mann, S. Singh, Improved metaheuristic based energy-efficient clustering protocol for wireless sensor networks, Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 57, pp. 142–152, Jan. 2017.
8. P. C. S. Rao, P. K. Jana, H. Banka, A particle swarm optimization based energy efficient CH selection algorithm for wireless sensor networks, Wireless Networks, vol. 23, no. 7, pp. 2005–2020, Apr. 2016.
9. G. Popovic, G. Djukanovic, D. Kanellopoulos, Cluster Head Relocation Based on Selfish Herd Hypothesis for Prolonging the Life Span of Wireless Sensor Networks, Electronics 2018, Vol.7, Issue 12, 403
10. S. R. Nabavi, N. O. Eraghi, J. A. Torkestani, Intelligent Optimization of QoS in Wireless Sensor Networks Using Multiobjective Grey Wolf Optimization Algorithm, Hindawi Wireless Communications and Mobile Computing Volume 2022
11. Qiao, Y, Hsu, H.Y.; Pan, J.S., Behavior-based grey wolf optimizer for a wireless sensor network deployment problem. Intl. J. Ad Hoc Ubiquitous Comput. 2022, 39, 70–82.
12. K. Sekaran et all, An energy-efficient cluster head selection in wireless sensor network using grey wolf optimization algorithm, TELKOMNIKA Telecommunication, Computing, Electronics and Control Vol. 18, No. 6, December 2020, pp. 2822~2833
13. M.S.H. Daneshvar, A.P.A. Mohajer, M.S. Mazinani, Energy efficient routing in WSN: A centralized cluster-based approach via grey wolf optimizer, IEEE Access, vol. 7, pp. 170019-170031, 2019.
14. Heinzelman, W.B.; Chandrakasan, A.P.; Balakrishnan, H. An Application-specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks. IEEE Trans. Parallel Distrib. 2002, 1, 660–670.
15. J. Singh et all, Energy-Efficient Clustering and Routing Algorithm Using Hybrid Fuzzy with Grey Wolf Optimization in Wireless Sensor Networks, Hindawi Security and Communication Networks Volume 2022

Prof. dr Zvezdan Stojanović[1]

Stručni rad
UDK 351.778.5:316.334.56

PAMETNI GRAD

Sažetak

Globalni svjetski trend jeste sve veći priliv stanovništva u gradove. Ovako veliki nivo urbanizacije, koji nisu mogli predvidjeti ni projektanti koji su planirali razvoj gradova, doveo je do brojnih problema koji opterećuju život ljudi u većim urbanim naseljima i koji narušavaju kvalitet života, poput velike zagađenosti vazduha, velikih saobraćajnih problema usljed zagušenja saobraćajnica, do potrebe za potrošnjom velike količine energije. Projektanti i inženjeri različitih specijalnosti su uvidjeli prednost primjene vještačke inteligencije u različitim sferama života u savremenim i sve brže rastućim gradovima na otklanjanju uočenih problema, a vještačka inteligencija postaje najperspektivnijom tehnologijom današnjice.

Ključne riječi: vještačka inteligencija, pametna kuća, pametna zgrada, pametni grad

SMART CITY

Summary

The global world trend is the increasing influx of population into cities. Such a large level of urbanization, which could not be predicted even by the planners who planned the development of cities, has led to numerous problems that burden the lives of people in larger urban settlements and that impair the quality of life, such as high air pollution, major traffic problems due to traffic congestion, to the need to consume a large amount of energy. Designers and engineers of various specialties have seen the advantage of applying artificial intelligence in various spheres of life in modern and rapidly growing cities to eliminate perceived problems, and artificial intelligence is becoming the most promising technology today.

Keywords: artificial intelligence, smart house, smart building, smart city

UVOD

Visok nivo urbanizacije kakav je danas globalno prisutan, suočava svijet sa dosad neviđenim izazovom, kako sa ograničenim resursima zadovoljiti rastuće potrebe društva. Prema podacima Odjeljenja Ujedinjenih nacija za ekonomska i socijalna pitanja (DESA-Department of Economics and Social Affairs) danas oko 55% globalne svjetske populacije živi u urbanim

[1] Prof. dr Zvezdan Stojanović, Evropski Univerzitet Brčko

područjima dok su očekivanja da će taj broj do 2050 godine narasti do 68%. Jedna od strategija koja bi mogla pomoći da se odgovori na ovaj izazov jeste uvođenje „pametnih gradova“, [1].

McCinsey Global Institute je na osnovu sprovedenih istraživanja u 50 gradova, utvrdio da se uvođenjem tehnologije pametnih gradova mogu poboljšati određeni indikatori kvaliteta života za 10-30%, [2]. Studijom je utvrđeno da je došlo do sledećih poboljšanja:

- smanjenje stope kriminala (30-40%),
- poboljšanja efiksnosti gradskog prevoza; 15-30min dnevno se smanjuje gubitak vremena u prevozu,
- manja potrošnja vode za 25-80 litara po osobi dnevno,
- 20-35% brže vrijeme odziva na pozive u hitnim slučajevima,
- za grad od 5 miliona stanovnika smanjuje se broj smrtnih slučajeva od 30-300 na godišnjem nivou.

Primjena novih tehnologija je donijela brojne prednosti našem društvu, dovela do ekonomskog razvoja, ali neke od njenih primjena izazivaju i zabrinutost kod ljudi. Možemo slobodno reći da vještačku inteligenciju o čijoj primjeni ćemo ovdje govoriti, zbog silnih naučnofantastičnih filmova u proteklih par decenija ljudi doživljavaju kao prijetnju. U tim filmovima se vještačka inteligencija predstavlja većinom u negativnom kontekstu, kao nešto što se razvojem otuđava od ljudi, razvija vlastitu svijest i teži porobljavanju civilizacije. U ovim filmovima se uglavnom zanemaruju sve dobre stvari proistekle iz primjene vještačke inteligencije.

Vještačka inteligencija (Artificial Intelligence-AI) igra značajnu ulogu u razvoju „pametnih gradova“. Da bi bilo koji grad mogao funkcionisati kao „pametni“ potrebno je obraditi enormno veliku količinu podataka nastalih iz različitih izvora i primjenom različitih algoritama.

Pametni gradovi koriste AI i IoT (Internet of Things) za prikupljanje podataka sa nadzornih kamera, brojila, sistema zasnovanih na senzorima i društvenih mreža u realnom vremenu i tako prikupljeni podaci se integrišu kako bi se stekao bolji uvid u zahtjeve i potrebe grade a sve sa ciljem donošenja kvalitetnijih odluka, [3].

Koncepti pametne kuće („smart home“) i pametne zgrade („smart building“) se mogu posmatrati kao dio koncepta pametnog grada.

„Pametna kuća“ predstavlja mjesto stanovanja opremljeno sa „inteligentnim sistemom“ sposobnim da kontroliše opremu i servise koji će se koristiti u domaćinstvu i namijenjen je svim onim koji planiraju izgradnju nove ili renoviranje postojeće stare kuće (zgrade), [1].

Pametna zgrada se definiše kao objekat koji integriše različite različite sisteme radi efikasnog upravljanja resursima i radi maksimiziranja tehničkih performansi i minimiziranja investicija i operativnih troškova.

Pametni gradovi koriste prednosti komunikacionih i senzorskih mogućnosti ugrađenih u gradsku infrastrukturu kako bi optimizirali električne, transportne i druge logističke operacije koje podržavaju svakodnevne aktivnosti, s ciljem poboljšanja kvaliteta života za sve stanovnika grada.

PAMETNA KUĆA

Tradicionalno, kuće, apartmani, poslovne prostorije za različite namjene se sastoje od različitih električnih uređaja i sistema koji rade nezavisno jedan od drugih a i rukovanje njima je potpuno samostalno [1].

Pametna kuća jeste mjesto stanovanja gdje autonomni kućni sistem povezuje različite i odvojene električne uređaje i sisteme koji inače zahtijevaju odvojeno rukovanje i koji rade nezavisno jedan od drugog.

Pametna kuća nastaje povezivanjem odvojenih kućnih instalacija kao što su: osvjetljenje, grijanje, hlađenje, spuštanje/dizanje žaluzina, senzori za kućanske aparate i sl u jednu cjelinu.

Ova forma automatizacije redukuje potrebu za ljudskom interakcijom i povećava sigurnsot i efikasnost, pruža dodatne pogodnosti i poboljšava energetsku efikasnost.

Prije svega moramo znati da niti su električni sistemi niti samo domaćinstvo pametni ili inteligentni, da se ne mogu sami programirati niti učiti iz vlastitih greški, sem u slučajevima kad se koristi vještačka inteligencija.

Kad razmišljamo o automatizaciji domaćinstva ili o pametnom kućnom sistemu, obično mislimo o pametnim termostatima, o senzorima za kontrolisanje osvjetljenja, grijanja i ventilacionih sistema.

Pametna kuća se može definisati i kao upotreba skupa uređaja koji kontrolišu osnovne funkcije domaćinstva automatski i ponekad daljinski.

U nastavku ćemo navesti neke od funkcije koje pruža pametni sistem domaćinstva.

Osvjetljenje: životni stil i obaveze savremenog čovjeka dovele su do toga da većina vremena koju provodimo kod kuće jeste uveče, kad je već dnevna svjetlost slaba i kad moramo koristiti vještačko osvjetljenje. Korisna bi funkcija bila podešavanje osvjetljenja recimo kada želimo da ne budimo naveče druge previše jarkim svjetlom, ali da se ipak u slučaju potrebe vidimo kretati kroz kuću. Pomoću daljinskog upravljača se može regulisati nivo osvjetljenja oko kuće a pomoću pametnog telefona sa mnogo veće udaljenosti podesiti kad će se svjetlost upaliti, ili pak da naš WLAN kući prepozna naš dolazak i uključi svjetlost u i oko kuće kad detektuje da smo se dovoljno približili pri povratku kući.

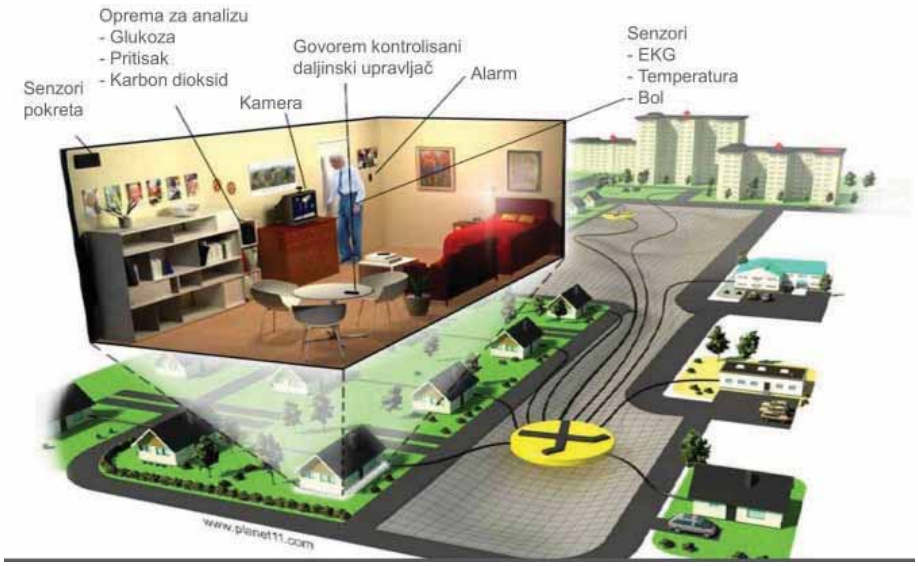
Grijanje: ako domaćinstvo ima centralno grijanje i radijatore, potrebno je instalirati termostate i ventile i povezati ih sa pametnim sistemom domaćinstva kako bismo kontrolisali grijanje svake sobe zasebno gdje za svaku sobu možemo podesiti različitu temperaturu.

Neko može da ima i podno grijanje sa više ventila u različitim dijelovima stana i sa aktuatorima povezanim sa pametnim sistemom domaćinstva. Upotrebom pametnog telefona možemo pri povratku sa posla uključiti grijanje tako da nas dočeka topao dom, a time što sistem grijanja nije svo vrijeme uključen pravimo uštede na računu za grijanje.

Protu-provalni sistem: većina pametnih kuća ima protuprovalne sisteme od nekog najnižeg niova (samo senzori i sirene) pa do najvišeg koji obezbjeđuje direktnu vezu sa policijom kao i paljenje i eventualno treperenje svih sijalica u stanu, što bi trebalo da bude dovoljno da zbuni provalnika.

Primjena različitih telemedecinskih sistema se koristi za nadzor pacijenata kod kuće, tako da se može kontrolisati stanje pacijenta uz pomoć videokonferencije, senzora na pametnom telefonu koji svakodnevno koristimo, za nadzor takvih parametara kao što su broj udisaja po

minuti (respiratory rate), krvni pritisak, brzina srčanih otkucaja itd...Procjenjuje se da se primjenom telemedicine broj odlazaka kod ljekara može smanjiti za 50%.



Slika 1: Pametna kuća

PAMETNA ZGRADA

Ako posmatramo zgradu, umjesto samo stana, osnovne funkcije se razlikuju. Naime, u toku dana, postoje stotine ili čak hiljade uređaja koje je potrebno kontrolisati, koji ne moraju biti samo u stanu, recimo liftovi, pokretne stepenice i sl, gdje je potrebno pored kontrole pristupa voditi računa i o uštedi energije, sigurnosti (ako je u pitanju poslovna zgrada, možda je vlasniku zgrade stalo da kontroliše ko pristupa kojem dijelu objekta).

Uobičajena definicija automatizacije zgrade jeste da je to sistem koji uključuje sveobuhvatnu i koordinisanu kontrolu jedne ili više glavnih sistemskih jedinica koje su potrebne u objektu.

Inteligentni sistemi za nadzor zgrada obično uključuju nadzor nad potrošnjom: vode, svjetlosti, energije, protupožarni alarm, protuprovalni alarm.

Pametni sistem kuće i automatizovani sistem zgrade koriste iste tehnologije i sposobnosti kontrole a suštinska razlika jeste u broju implementiranih funkcija i broju kontrolisanih uređaja.

Prema [4] sve definicije vezane za pametne zgrade se mogu svrstati u tri kategorije:

(1) bazirane na performansama: u fokusu su performanse zgrade i porast očekivanja i zahtjeva korisnika a znatno manja pažnja se posvećuje integraciji tehnoloških i inteligentnih sistema.

(2) bazirane na sistemu: najveća pažnja se posvećuje kvalitetu servisa

(3) zasnovane na servisima: fokusiraju se na integraciji inteligentnih sistema u zgradi

U suštini, pojava informacione i komunikacione tehnologije (IKT), zajedno sa razvojem automatizacije, ugrađenih senzora i drugih visokotehnološki sistema su ključni elementi u pametnim zgradama, [5].

Ugradnja „inteligencije“ u pametne zgrade treba da im omogući da u velikoj mjeri odgovore na zahtjeve korisnika, okruženja i društva te da budu efikasne u minimiziranju uticaja na životnu sredinu, kao i na rasipanje prirodnih resursa.

Važni ciljevi pametnih zgrada jesu smanjenje operativnih troškova kroz efikasnost u upravljanju energijom i sposobnošću da se bude „orijentisan na korisnike“ što znači poboljšanje bezbjednost, zdravlja i dobrobiti korisnika, [6].

Dok se prije težište razmatranja fokusiralo isključivo na primjenu IKT-a, danas se sve više razmatra i uticaj ljudskih resursa/edukacije i okruženja pri razvoju pametnih zgrada. Nove zgrade treba da se grade sa što manjom potrošnjom energije, ali i da koriste obnovljive izvore energije u što većoj mjeri, što je predviđeno i direktivama Evropske Unije iz 2010 godine o energetskim svojstvima zgrade i Direktivom Evropske Unije iz 2012 o energetskoj efikasnosti zgrade.

Pametna zgrada prikuplja podatke, provodi njihovu sistemsku analizu te u interakciji s korisnicima upravlja integrisanim sistemima zgrade i prilagođava funkcije zgrade potrebama korisnika. Osim toga, uticaj pametne zgrade i njenih uslužnih sistema moguće je proširiti i izvan zgrade - na kontrolu/ regulaciju njezinog neposrednog okruženja, [7].

Obilježja pametne zgrade bi se trebala zasnivati na:

- kvalitetnim svojstvima zgrade u pogledu
  - smanjene potražnje energije
  - većeg korištenja lokalnih izvora obnovljive energije
  - zdravog i ugodnog unutrašnjeg prostora zgrade za njene korisnike;
- dinamičkoj operabilnosti
  - omogućavanje kontrole korisnicima nad korištenjem energije
  - poboljšana mogućnost optimizacije komfora, kvalitete vazduha u zatvorenom,
  - operativnih zahtjeva;
- odzivnosti energetskog sustava
  - optimizija rada uvezanih energetskih sistema i vanjske infrastructure [7], [8] i [9].

PAMETNI GRAD

Vještačka inteligencija ima značajnu ulogu u razvoju pametnih gradova. Da bi bilo koji grad funkcionisao kao pametni potrebno je prikupiti i obraditi ogromnu količinu podataka (Big Data). Big Data podrazumijeva prikupljanje ogromne količine podataka putem različitih algoritama, iz različitih izvora i za različite primjene kao što su recimo naučna istraživanja obradom ogromne količine podataka u fizici, genetici ili astronomiji, ili čak u politici, analizom podataka o ponašanju i javno dostupnim mišljenjima birača s ciljem kreiranja efikasnih izbornih kampanja (poznat primjer Obamine kamanje pred predsjedničke izbore u SAD-u).

Kako najbolje opisati što je to zapravo Big Data? Definicija koju najčešće susrećemo jest „3V“:

- Volume - velika količina podataka koji se prikupljaju, obrađuju i stavljaju na raspolaganje za analizu,
- Velocity - kontinuirano prikupljanje velike količine podataka u realnom vremenu,

- Variety - podaci su dostupni u različitim oblicima i izvorima, a zapravo su najčešće nestrukturirani.

Ili, u jednoj rečenici, Big Data je tehnologija koja omogućava prikupljanje i obradu velikih količina strukturiranih i nestrukturiranih podataka u realnom vremenu.

Postoji uska međusobna povezanost između Big Date-a i vještačke inteligencije. Naime vještačka inteligencija koristi prikupljene podatke za razvoj i implementaciju inovativnih gradskih tehnologija.

Pametni gradovi koriste vještačku inteligenciju u proaktivnom upravljanju i pri određivanju pioriteta pri obavljanju različitih poslova, [10].

Neke od komponenti koje čine pametne gradove pametnim su: inovativni nadzor saobraćaja, pametno parkiranje, pametno upravljanje otpadom, pametna rasvjeta...

Vještačka inteligencija radi u bliskoj vezi sa IoT-om kako bi se unaprijedio saobraćaj i povećala efikasnost i brzina. Vjeptačka inteligencija u pametnim gradovima može prikupljati informacije u realnom vremenu gdje se nalazi autobus, tramvaj i druga prevozna sredstva i o tome informisati putnike kako bi dobili informacije o kašnjenju, o prekidima saobraćaja, o zagušenim putnim pravcima kako bi se opredijelili za manje opterećene saobraćajnice, mogu se dobiti podaci o slobodnim parking mjestima...

Vještačka inteligencija u pametnim gradovima koristi podatke sa brojnih kamera postavljenih za nadzor saobraćaja, te se tehnikom dubokog učenja mogu prepoznati vozila (marka vozila, registarske oznake) što se može iskoristiti za poboljšanje bezbjednosti i smanjenje stope kriminala. Dakle, video nadzor i senzori mogu pomoći policiji pri sprečavanju nezakonitih aktivnosti.

Uz to u pametnim gradovima se prikupljaju podaci o saobraćajnim nesrećama, zagušenjima saobraćaja, kako bi se napravila neka buduća strategija koja ove pojave treba minimizirati.

Pomoću senzora i kamera u vozilu, može vozilo da detektuje svjetlo semafora te korištenjem algoritama vještačke inteligencije može u realnom vremenu da donose odluku treba li se zaustaviti ili krenuti, što može smanjiti broj saobraćajnih nesreća.

Upravljanje otpadom pomoću senzora koji će signalizirazti kad su kontejneri gotovo popunjeni, u velikim naseljenim mjestima takođe predstavlja prioritet.

U tabeli 1 je dato šest karakteristika pametnih gradova i njima odgovarajućih faktora [11]. Ove karakteristike i faktori čine okvirne indikatore na osnovu kojih se neki grad može svrstati u pametne.

Tabela 1: Karakteristike i faktori pametnog grada

Pametna ekonomija (konkurentnost)	**Pametni ljudi (društveni i ljudski kapital)**
Inovativnost	Nivo kvalifikacije
Preduzetništvo	Sklonost ka cjeloživotnom učenju
Ekonomska slika i zaštitni znak	Socijalni i etički pluralizam
Produktivnost	Fleksibilnost
Fleksibilnost radne snage	Kreativnost
Međunarodna prepoznatljivost	Kosmopolitizam/otvorenost
Sposobnost transformacije	Učešće u društvenom životu

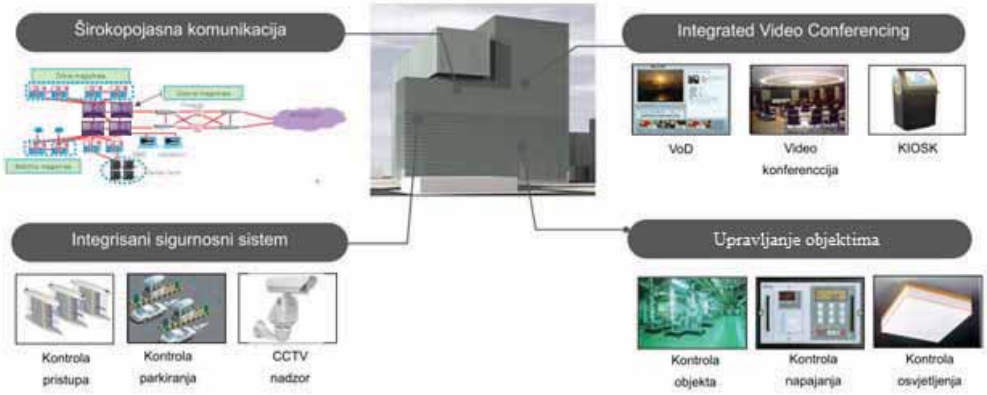
Pametna uprava (učešće)	**Pametna mobilnost (saobraćaj i IKT)**
Učešće u donošenju odluka	Lokalna raspoloživost
Javni i društveni servisi	Međunarodna i nacionalna rapoloživost
Transparentna uprava	Dostupnost IKT infrastrukture
Političke strategije i perpektive	Održiv, inovativan i siguran sistem prevoza
Pametna okruženje (prirodni resursi)	**Pametan život (kvalitet života)**
Atraktivnost prirodnih uslova	Ustanove kulture i obrazovne ustanove
Zagađenje	Zdravstveni uslovi
Zaštita okoline	Individualna sigurnost
Upravljanje održivim izvorima	Kvalitet stanovanja

Prilikom implementacije vještačke inteligencije mora se voditi računa o sigurnosnim rizicima, jer sistem prikuplja i biometrijske podatke o zaposlenima i dobavljačima. U zemljama Evropske Unije pored lokalnih direktiva na snazi je i dokument General Data Protection Regulation. Evropska komisija je u aprilu 2019te godine usvojila svoje etičke smjernice u pogledu vještačke inteligencije.

INTEGRACIJA PAMETNIH SERVISNIH SITEMA KUĆE, ZGRADE I GRADA

Naredni razvojni korak jeste integracija ranije opisanih servisnih sistema kuće, zgrade i grada radi poboljšanja njihove interakcije sa korisnikom, za što se mora sprovesti sistematsko opremanje kuće/zgrade/grada senzorina (IoT) a ovako prikupljeni podaci treba da poboljšaju interakciju sa građanima, [12].

Prenos ogromne količine podataka, kakva se očekuje u velikim urbanim naseljima je omogućen razvojom telekomunikacionih pristupnih mreža velike brzine, kakve su optičke pristupne mreže (GPON) ali i mobilne mreže koje pružaju ogromne protoke kakve su 4G i posebno 5G koja pored velikih protoka ima i jako mala kašnjenjima u prenosu, što omogućava prenos podataka velikom brzinom u realnom vremenu.



Slika 2: Integracija različitih uslužnih sistema

ZAKLJUČAK

U radu smo se dotakli aktuelne tematike, a to je primjena vještačke inteligencije u različitim oblastima života. Iako sam koncept pametnog grada nije novi, intezivan razvoj senzora, novih algoritama za obradu slike i prepoznavanja lica uz sve širu primjena dronova, ovaj koncept se dodatno aktuelizovao. Sve nabrojano je moralo biti propraćeno razvojem neophodne telekomunikacione infrastrukture tj primjenom optičkih pristupnih mreža (GPON) i mobilnih celularnih mreža (4G i 5G) koje podržavaju brz prenos ogromne količine podataka uz mala kašnjenja tako da je omogućen prenos govora, slike i zvuka u realnom vremenu.

Od koncepta razvoja pametnih gradova koristi bi prije svega trebalo da imaju građani, jer bi trebalo da žive u zdravijem životnom okruženju, ali i da istovremeno koriste sve dobrobiti naprednih tehnologija koje bi trebalo da budu prije svega u službi čovjeka i da doprinesu poboljšanju kvaliteta života.

REFERENSE

[1] EU Commision, „Smart Home Systems“, part of the SHVET project (https://www.smart-hvet.eu/),

[2] McKinsey, “Smart cities: digital solutions for a more livable future”, 2018

[3] Vesco, A. Handbook of Research on Social, Economic, and Environmental Sustainability in the Development of Smart Cities; IGI Global: Hershey, PA, USA, 2015.

[4] A Ghaffarianhoseini, U. Berardi, et al “What is an intelligent building? Analysis of recent interpretations from an international perspective”, Architectural Science Review, 59:5, 338-357, DOI: 10.1080/00038628.2015.1079164, 2016.

[5] GhaffarianHoseini, A. 2012. “Ecologically Sustainable Design (ESD): Theories, Implementations and Challenges Towards Intelligent Building Design Development.” Intelligent Buildings International 4 (1): 34–48.

[6] Cempel, W., and J. Mikulik. 2013. “Intelligent Building Reengineering: Adjusting Life and Work Environment to Occupant’s Optimal Routine Processes.” Intelligent Buildings International 5 (1): 51–64.

[7] S.Bašić, N.V Strmo, M. Sldovljev, „Pametni gradovi i zgrade“, građevinar 2019 DOI: https://doi.org/10.14256/JCE.2733.2019

[8] BPIE, ppt: A vision for smart buildings in Europe, 2017. http:// bpie.eu/wp-content/uploads/2017/04/smart-building-wsApril-2017_BPIE.pdf, 10.06.2019.

[9] Wong, J.K.W., Li, H., Wang, S.W.: Intelligent Building Research: A Review, Automation in Construction, 14 (2005)., pp. 143–159, https://doi.org/10.1016/j.autcon.2004.06.001, 25.06.2019.

[10] Albino, V.; Berardi, U.; Dangelico, R.M, “Smart cities: Definitions, dimensions, performance, and initiatives”. J. Urban Technol. 2015, 22, 3–21.

[11] Vienna University of Technology, “Smart cities – Ranking of European medium-sized cities”, 2007

[12] Klein, C., Kaefer, G.: From smart homes to smart cities: “Opportunities and challenges from an industrial perspective” In Proceedings of the 8th International Conference, NEW2AN and 1st Russian Conference on Smart Spaces, ruSMART 2008 (St. Petersburg, Russia, Sep 3-5), www.springerlink.com/content/ d053p7u7g42u573p/, 17.07.2019.

Miro Maksimović[1]
Rajko Đorojević[2]

Originalni naučni rad
UDK 623.746.2-519:630*23

UPOTREBA DRONOVA ZA SNIMANJE ŠUMA I URAĐENE BIOLOŠKE REKULTIVACIJE POŠUMLJAVANJEM

Abstrakt

Dronovi su uređaji koji pružaju mogućnost brzog snimanja velikih površina šuma visoke rezolucije i dobijanja podataka koji se mogu koristiti za upravljanje šumama. Upotreba dronova u gazdovanju šumama dosta je obećavajuća.
Na spoljnim odlagalištima površinskog kopa "Bogutovo Selo" Ugljevik, u periodu od 1992. do 2022. godine izvršena je biološka rekultivacija pošumljavanjem na ukupnoj površini od oko 250 hektara, koja se knjigovodstveno evidentiraju kao biološka sredstva u vrijednosti izvršenog pošumljavanja.
Aerofotogrametrijsko snimanje iz vazduha predstavlja dragocjenu informaciju o stanju izvedene biološke rekultivacije pošumljavanjem na prostorima spoljnih odlagališta površinskog kopa „Bogutovo Selo“ Ugljevik. Za potrebe snimanja izvedene biološke rekultivacije pošumljavanjem, nabavljena letilica modela „Sensefly eBee“ pored postojeće opreme mora biti snabdjevena i odgovarajućom kamerom.

Ključne riječi: dronovi, snimanje, šume, biološka rekultivacija pošumljavanjem.

THE USE OF DRONES FOR RECORDING FORESTS AND BIOLOGICAL RECULTIVATION THROUGH AFORESTATION

Abstract

Drones are devices that provide the ability to quickly record large areas of forests with high resolution and obtain data that can be used for forest management. The use of drones in forest management is quite promising.
In the period from 1992 to 2022, biological reclamation by afforestation was carried out on the external landfills of the surface mine "Bogutovo Selo" Ugljevik on a total area of about 250 hectares, which are recorded in bookkeeping as biological assets in the value of the afforestation.
Aerophotogrammetric imaging from the air represents valuable information on the state of biological reclamation by afforestation in the areas of the external landfills of the surface mine "Bogutovo Selo" Ugljevik. For the purposes of recording biological reclamation by afforestation, the acquired aircraft model "Sensefly eBee" must be equipped with the appropriate camera in addition to the existing equipment.

Key words: drones, recording, forests, biological reclamation through afforestation.

[1] Doc dr Miro Maksimović, dipl.ing.šum, Evropski univerzitet Brčko distrikt; vodeći inženjer ekologije i rekultivacije, Mješoviti Holding „Elektroprivreda Republike Srpske“, Matično preduzeće a.d. Trebinje, Zavisno preduzeće „Rudnik i Termoelektrana Ugljevik“ a.d. Ugljevik, e-mail: miro.maksimovic@gmail.com
[2] Rajko Đorojević, dipl.ing.šum. u penziji.

1. UVOD

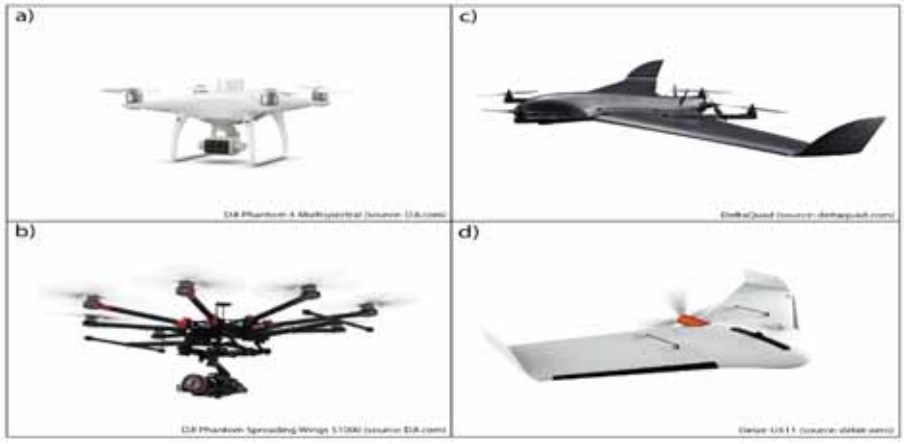
Dronovi su ultra prenosivi i lagani uređaji koji pružaju mogućnost brzog snimanja velikih površina šuma visoke rezolucije i dobijanja podataka koji se mogu koristiti za upravljanje šumama (uključujući mapiranje, istraživanje, praćenje zdravlja šuma, borbi protiv šumskih požara, nadzora radi sprečavanja nelegalne sječe i drugih kriminalnih aktivnosti). Upotreba dronova u gazdovanju šumama dosta je obećavajuća.

Kao i mobilna telefonija, dronovi ili bespilotne letilice (UAV) su proizvod skorašnjeg vremena, a prvobitno su osmišljeni u vojne svrhe. Postoje dvije glavne vrste dronova zasnovanih na tehnikama polijetanja i slijetanja (horizontalno i vertikalno). Horizontalno polijetanje i slijetanje su tipične karakteristike bespilotnih letelica (aviona) sa fiksnim krilima, dok rotacione bespilotne letelice (helikopteri i autožiri), brodovi i baloni vrše vertikalno polijetanje i slijetanje.

Dronovi sa fiksnim krilima, rotacionim krilima i hibridna rješenja predstavljaju glavne tipove platformi koje su preovladale za skorašnje primjene u šumarstvu. Prvi ima oblik običnog aviona sa čvrstim krilima, te je dosta koristan zbog svog aerodinamičkog oblika za optimizaciju efikasnosti krstarenja, jer mu to omogućava da maksimizira trajanje leta i, na taj način pokrivenost većih područja. Glavni nedostatak je što ovi modeli zahtijevaju velike i ravne lokacije za polijetanje i slijetanje bez većih prepreka, što može predstavljati problem, posebno na šumovitom terenu.

Bespilotne letilice sa rotacionim krilima najčešće su zastupljene u modelima sa više rotora. Modeli sa jednim rotorom (helikopteri) se još uvek koriste u nekoliko slučajeva (varijanti). Bespilotne letjelice sa više rotora, sposobne za vertikalno polijetanje i slijetanje (VTOL), mnogo su lakše za manevrisanje i reagovanje, omogućavajući operaterima da ih lansiraju čak i na lokacijama sa ograničenim prostorom.

Dronovi imaju potencijal za širok spektar upotrebe u šumarstvu, odnosno mogu se koristiti za: prikupljanje informacija o broju i zdravlju drveća, zapreminske proračune biomase, prepoznavanje i mapiranje dijelova koji su pretrpeli sječu, upravljanje brzorastućim plantažama, kontrola gustine šuma, mapiranje stabala i sastojina, monitoring ilegalne sječe, snimanje šumskih požara itd. Postoji više tipova bespilotnih letilica koje se mogu koristiti u šumarstvu (slika 1).



Slika 1.-Tipovi bespilotnih letelica koji se koriste u sektoru šumarstva: a) rotaciono krilo (kvadrokopter), b) rotaciono krilo (oktokopter), c) hibridno VTOL rešenje i d) fiksno krilo (www.cabi.org/forestscience/new)

2. PREDMET I METOD RADA

Predmet rada su mogućnosti i načini snimanja šuma i biološke rekultivacije izvedene pošumljavanjem rudničkih odlagališta, putem bespilotnih letilica ili dronova. Tačne informacije o šumama uključujući tipične glavne parametre inventara šuma (prsni prečnik, visina stabala i sastav stabala) i strukturne parametre šume (zatvorenost krune, zapremina, bazalna površina, indikatori sastojina i indeks površine lišća) su od suštinskog značaja za održivo upravljanje šumama. Visina stabla je najvažniji faktor za procjenu zapremine drveta i sastojine, odnosno proizvodnog kapaciteta lokacije. S druge strane, prečnik krošnje drveća je višenamenski ekološki indikator za određivanje sekvestracije ugljenika, sjenčenja, rizika od lomljenja vjetrom i rasta drveća.

Određenu sliku o stanju podignutih šumskih kultura (slika 2) u postupku biološke rekultivacije moguće je dobiti pomoću aerofotometrijskog snimanja terena putem bespilotnih letilica. Iz tog razloga, a i za druge potrebe, zavisno preduzeće „Rudnik i Temoelektrana Ugljevik“ d.o.o. Ugljevik je nabavilo bespilotnu letilicu, model „SenseFly eBee“. Nakon izvršene biološke rekultivacije (pošumljavanja) javlja se potreba računovodstvenog evidentiranja izvršenih radova (Maksimović, M., Milošević, D., 2016). Procjena fer vrijednosti izvršenih radova može se uraditi shodno odredbama Međunarodnog računovodstvenog standarda 41 (MRS 41), koji tretira oblast poljoprivrede, u koju spadaju šume podignute i uzgajane uz upravljanje biološkim promjenama ili aktivnošću čovjeka (slika 2). Obuhvat ovog standarda su: 1. biološka sredstva, 2. poljoprivredni proizvodi u momentu ubiranja i 3. državna davanja (uslovna i bezuslovna davanja).

Slika 2. - Kultura crnog bora na Velikom zapadnom odlagalištu PK „Bogutovo Selo“ Ugljevik (Foto: Miro Maksimović)

Primijenjeni metod rada je analiza akcionih, normativnih i radno - poslovnih dokumenata kao izvora podataka, odnosno analiza pristupačne stručne literature, te zakonske i podzakonske regulative iz oblasti civilnog saobraćaja, rudarstva, šumarstva, poljoprivrede i ekonomije. Metod se zasniva na analizi, sistematici i klasifikaciji radova koji obrađuju temu rada, kao i radove koji su u korelaciji sa temom problematike koja je predmet istraživanja. Metodom „definisanja i klasifikacije“ preuzeti su određene definicije i pojmovi iz stručne i naučne literature, a metodom „analize i sinteze“ povezane su relevantne činjenice i donesen zaključak.

3. ZAKONSKA REGULATIVA ZA UPOTREBU DRONOVA U ŠUMARSTVU

Konstantan napredak tehnoloških dostignuća u poslednjoj deceniji ima za posljedicu da zakonodavstvo ne stiže da definiše okvire za pojedine grane (proizvode), uključujući dronove, koji se intenzivno koriste, ali pod fragmentisanim regulatornim okvirima. Pojedinačne države donijele su nacionalne propise, koji se ipak međusobno razlikuju, tako da neka ograničenja u jednoj, ne važe u drugoj državi (European Commission, 2014, prema Stojanović, N. et al., 2018). Pravilnik EU o upotrebi dronova je zvanično stupio na snagu u maju 2016. godine, mada se i dalje aktivno radi na njegovim izmjenama i dopunama. Trenutna fragmentisana legislativa Evropske zajednice znatno usporava upotrebu dronova u naučne i druge svrhe, ali i kreiranje evropskog tržišta za proizvođače dronova.

Iako su nacionalni propisi zemalja u regionu formirani sa istim ciljem - smanjenje rizika po ljude i imovinu, i sa istim elementima regulacije - dozvola/licenca za operatera, dozvola/registracija za letilice, zone zabrane leta i osiguranje, rezultati istraživanja pokazuju da propisi trenutno variraju u gotovo svim parametrima. U našem okruženju jedino podudaranje je to da je u Srbiji i zemljama regiona neophodna neka vrsta osiguranja, bilo da je u pitanju osiguranje operatera od odgovornosti ili osiguranje same letilice. Napomene radi, u Srbiji je za snimanje dronom potrebna dozvola vojske.

U BiH još uvijek nema posebnih propisa o bespilotnim letilicama. Prema pravilima Direkcije za civilno zrakoplovstvo (BHDCA), bespilotne letilice se mogu koristiti u skladu sa članom 2. Pravilnika o odobravanju letova (2016). Nadzor nad upotrebom bespilotnih letilica BHDCA može vršiti isključivo u slučajevima kada je Direkcija izdala odobrenje za letenje ove vrste letilice. Takođe, ovu oblast donekle reguliše i Naredba o pravilima letenja (2013). U cilju sprečavanja nelegalnog korišćenja bepilotnih letilica trenutno se u BiH vodi polemika i organizuju radionice o neophodnosti donošenja posebnog propisa koji će urediti ovu oblast (način registrovanja letilica, dozvoljena težina, visina na kojoj može da leti, namjene korišćenja i sl).

Budući trendovi kada je u pitanju legislativa o upotrebi dronova definitivno će ići ka uspostavljanju strožijih i jasno definisanih propisa. Potreba za striktnijim propisima nastala je zarad očuvanja bezbjednosti i privatnosti ljudi, pogotovo kada se uzme u obzir krajnji korak u formiranju evropske zakonske regulative, a to je integracija dronova u zajednički vazdušni prostor Evropske zajednice.

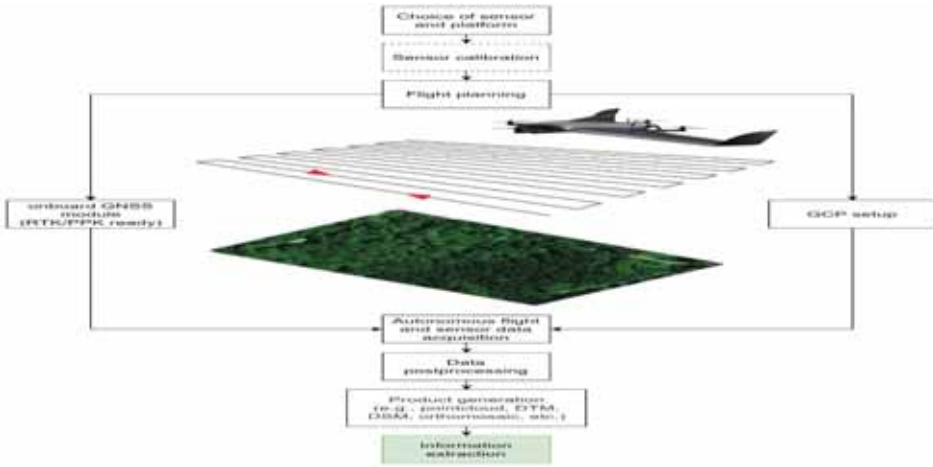
4. OBLASTI UPOTREBE DRONOVA U ŠUMARSTVU

Na našim područjima, upotreba dronova u šumarstvu još uvijek je, slobodno se može reći, u eksperimentalnoj fazi, ali se očekuje da će se dalje razvijati. Tačne informacije o sastavu, strukturi, rastu i obimu šuma od suštinskog su značaja za održivo upravljanje šumama, a mogu se prikupiti daljinskim očitavanjem pomoću dronova.

4.1. Inventura šuma

Paralelni razvoj bespilotnih letjelica i kompjuterskog vida podstakao je upotrebu bespilotnih letjelica u inventaru šuma. Prostorna rezolucija snimaka bespilotnih letilica može da dostigne sub-decimetar, a period ponovne posjete između dvije akvizicije mogu da izaberu korisnici. Da bi se odredili pojedinačni pokazatelji stabla, potrebno je da se generišu digitalni modeli elevacije visoke rezolucije (DEM), uključujući digitalni model terena (DTM) i digitalni model površine (DSM) plus fotogrametrijski trodimenzionalni (3D) oblaci tačaka, kako bi se procijenio model visine krošnje (CHM), a zatim virtuelni modeli stabla u daljoj analizi šuma i šumskih sastojina (slika 3).

Održivo planiranje i upravljanje šumama zahtijeva razumijevanje kratkoročne i dugoročne dinamike šumskog zemljišta. Uz to, potrebna je i modernizacija okvira inventara šumarstva, vođena tekućom neizvesnošću o budućem stanju šuma, u vezi sa nastalim promjenama klime. Uobičajene operacije inventara zahtijevaju prikupljanje podataka na terenu uz radno intenzivne, dugotrajne i, ne manje važne, sve skuplje procedure prikupljanja (Daineli, R., Toscano, P., Di Đenaro, S.P., Matese, A., 2021).



Slika 3. - Opšti tok rada procedura prikupljanja i obrade podataka zasnovanih na UAV-u, Licenca - Creative Commons Atribution, CCBI (Daineli, R., et all, 2021.)

Digitalni model terena se koristi za modeliranje nadmorske visine golog zemljišta bez uzimanja u obzir karakteristika na površini tla. S druge strane, DSM takođe uzima u obzir nadmorsku visinu ne-prizemnih karakteristika, kao što su zgrade, drveće i drugi 3D objekti koje je napravio čovjek ili prirodni objekti. Model visine krošnje CHM, takođe nazvan nDSM (normalizovani DSM) u nešumskom namjenskom kontekstu, predstavlja razliku između DSM-a i DTM-a, odnosno oduzima DSM sa DTM-om. Nove metode 3D rekonstrukcije omogućavaju generisanje DTM, DSM i ortomozaika veoma visoke rezolucije u okviru serije 2D fotografija koje se preklapaju.

Kada se oblasti sa gustim pokrivačem krošnje posmatraju odozgo, golo tlo je često djelimično ili potpuno zaklonjeno slojem vegetacije, što otežava njegovo posmatranje i stvaranje DTM. Najbolji način da se posmatra golo tlo i generiše DTM u gustim šumama je korišćenje LiDAR-a (detekcija svjetlosti i dometa) za prodiranje u krošnje šuma.

Lasersko skeniranje u vazduhu (ALS) ili LiDAR je tehnologija koja se široko koristi u šumskim regionima za prikupljanje oblaka tačaka visoke gustine, pomoću kojih se mogu generisati DEM visoke rezolucije. ALS je postao veoma skup za istraživače, posebno ako su potrebni podaci velike gustine ili visoka vremenska frekvencija. Stoga istraživači pokušavaju da obezbijede rješenja za generisanje digitalnih modela elevacije visoke preciznosti (DEM). Bespilotne letilice se mogu koristiti za generisanje visoke rezolucije na tlu, tačnih oblaka tačaka i DEM-a, i kao takve mogu smanjiti troškove prikupljanja podataka i vremena obrade. Mnogi istraživači koriste ne samo LiDAR već i tehnike strukture od pokreta (SfM) da bi izdvojili šumske strukture. Iz tog razloga, aerofotogrametrija privlači pažnju zbog mnogih prednosti u odnosu na ALS: smanjena cijena; sposobnosti inspekcije, nadzora, izviđanja i mapiranja; i potencijalnu sposobnost obezbjeđivanja 3D oblaka tačaka, kao i ALS podataka (Liang, K., Vang, J., Piorala, J., Lehtomaki, M., Iu, K., Kartinen, H., Kuko, A., Honkavaara, E., El Issaoui, A., Nevalainen, O., Vaja, M., Virtanen, J.P., Katoh, M., Deng, S., 2019).

4.2. Šumski požari

Sa porastom temperatura vazduha, pojačavaju se i mjere protiv mogućnosti šumskih požara. Za rano upozoravanje koriste se najnovije tehnologije, što je glavni princip gašenja požara. Bespilotne letjelice mogu da dostignu visinu do 7.000 m dajući široki pogled na zapaljenu oblast i „toplotne tačke“ gde je požar najgori i tačke gde je intervencija moguća. Turska je prva zemlja posle Sjedinjenih Država koja je već 2013. godine započela upotreba bespilotnih letilica u borbi protiv šumskih požara. Takođe, u Turskoj su započeli rad i na projektu korišćenja vještačke inteligencije (AI) u modeliranju ponašanja požara za odgovor na šumske požare (uspješnoj borbi doprinose i pametne vatrogasne bespilotne kule koje koriste vještačku inteligenciju da detektuju požar na daljinu i prenose informacije u centar za upravljanje).

Jedan od testirani sistema za praćenje šumskih požara zasnovan je na dubokom učenju koji uključuje dron i terminal sistema za daljinsko praćenje. Tok rada predloženog sistema praćenja šumskih požara zasnovanog na dubokom učenju i tehnologiji dronova, sastoji se od više koraka. Prvi korak, dron je opremljen kamerom visoke definicije i obavlja operacije leta prema unaprijed zadatoj ruti patrole kako bi osigurao da pokrije cijelo područje posmatranja na način da nema mrtvih uglova. Položaj drona određuje Globalni pozicioni sistem (GPS) u realnom vremenu. Drugi, dron prenosi prikupljene video i slikovne informacije u softver za daljinsko praćenje na zemlji u realnom vremenu. Treći, sistem za praćenje koristi algoritam zasnovan na dubokom učenju šumskih požara da analizira primljene podatke i procijeni da li je došlo do požara u oblasti koja se posmatra. Kada dođe do požara, sistem aktivira alarm, a korisnik dobija dinamičku informaciju o šumskom požaru preko interfejsa na monitoru host računara u realnom vremenu. Ova informacija se šalje relevantnom licu radi preduzimanja odgovarajućih mjera zaštite od požara (Zheng, S., Vang, V., Liu, Z., Vu, Z., 2021).

4.3. Mapiranje šuma

Koh i Vič, 2012 (prema Tang, L., Guofan, Š., 2015) su eksperimentisali sa korišćenjem daljinske detekcije dronom za istraživanje i mapiranje tropskih šuma u Indoneziji zbog visokih troškova satelitskih podataka daljinske detekcije visoke rezolucije, česte oblačnosti i teških/skupih istraživanja na zemlji. Eksperiment je uključivao jeftin (<100$) i lagan (650 g) dron sa fiksnim krilom koji je napajala baterija od 2200 mAh i foto/video kamera. Ovaj dron je mogao da leti do 25 minuta po misiji i da pređe ukupnu udaljenost od 15 km. Istraživači su sastavili slike dronova da bi razvili mape pokrivanja zemljišta u prostornoj rezoluciji od 5,1 cm, koristili video snimke za otkrivanje ljudskih aktivnosti (npr. spaljivanje i sječu) i kombinovali fotografske i video informacije da bi istražili vrste divljih životinja i identifikovali floru. Navedeni istraživači sugerišu da korišćenje daljinskog otkrivanja dronom može dovesti do značajnih ušteda u pogledu vremena, radne snage, i finansijska sredstva za lokalne radnike.

Praznine u šumskim krošnjama odražavaju poremećaj i utiču na raznovrsnost i produktivnost šuma (male praznine u šumama ne mogu se precizno izmjeriti satelitskim daljinskim ispitivanjem). Getzin et al. (2012, prema Tang, L., Guofan, Š., 2015) su dobili slike prirodne boje u rezoluciji od 7 cm za listopadne i listopadno-četinarske mešovite šume u Nemačkoj u kojima dominira bukva, jer takva rezolucija omogućava preciznu identifikaciju praznih objekata od samo 1 m^2. Sa rasponom krila od 2 m i težinom od 6 kg, upotrijebljeni dron je mogao da leti do 250 m visine, do 60 minuta. Linije leta su unapred programirane, a sve slike su ortorektifikovane na osnovu unutrašnje orijentacije drona, GPS položaja i digitalnog modela terena. Istraživači su otkrili jake korelacije između mjerenja biodiverziteta i metrike šumskog jaza (nesklada, dispariteta) dobijenih daljinskim ispitivanjem dronova.

4.4. Određivanje visine krošnje šume

Visina drveta i prečnik krošnje su dva uobičajena individualna atributa drveta koja se mogu procijeniti na osnovu slika bespilotne letilice (UAV) zahvaljujući fotogrametriji i strukturi iz kretanja (Nasiri,V., Darvishsefat, A., Arefi, H., Deseilligni, M.P., Namiranian, M., Le Bris, A., 2021). Da bi se identifikovao vrh drveta, primjenjuje se filter fokalne statistike sa različitim postavkama susjedstva. Među različitim podešavanjima, najbolji rezultati dobijaju se postavljanjem kružnog susjedstva i radijusa od 25 ćelija. Unutar ovog kruga, vrijednosti svih piksela se porede sa centralnim pikselom da bi se definisao kao lokalni maksimum. Potom se koristi uslovna funkcija da se usklade određene vrijednosti sa rezultatom.

Visina krošnje šume je kritičan parametar kvantifikacije šuma i tradicionalno se procjenjuje analognim fotogrametrijskim metodama i terenskim premerama. Lidar tehnologije su postale novo sredstvo za procjenu visine, a tradicionalna fotogrametrija je skoro napuštena u šumarstvu jer tehnologije Lidara koje se prenose dronom postaju sve pristupačnije. Pored toga, Siebert i Teizer, 2014. (prema Nasiri,V., Darvishsefat, A., Arefi, H., Deseilligni, M.P., Namiranian, M., Le Bris, A., 2021.) navode da optički snimci niske rezolucije koje se prenose dronom, promovišu mjerenja visine krošnje šume kroz integraciju digitalne fotogrametrije i tehnika strukture.

4.5. Određivanje potrebe i vremena đubrenja i orezivanja stabala

Intenzivno gazdovanje šumama je efikasan pristup promovisanju produktivnosti šuma i zadovoljavanju sve veće potražnje. Upravljanje brzorastućim šumskim plantažama je slično praksi precizne poljoprivrede i može se promovisati daljinskim ispitivanjem dronova. Tipična vježba je nanošenje đubriva u pravo vrijeme i na pravom mjestu. Felderhof i Gilison (2011, prema Liang, K., Vang, J., Piorala, J., Lehtomaki, M., Iu, K., Kartinen, H., Kuko, A., Honkavara, E., El Issaoui, A., Nevalainen, O., Vaaja, M., Virtanen, J.P., Katoh, M., Deng, S., 2019) su napravili NIR slike sa daljinskim senzorom dronom za mapiranje zdravlja krošnje drveća na plantaži makadamije (rod od četiri vrste drveća koje su autohtone u Australiji i čine dio biljne porodice *Proteaceae*). Oni su otkrili značajnu korelaciju između spektralne radiometrije i nivoa azota u listovima utvrđenih uzorkovanjem na terenu. Ovaj pristup je iskoristio dronove kako bi pomogao u smanjenju troškova intenzivnog gazdovanja šumama i povećanju ekonomskog povrata.

Orezivanje šumskih zasada je važno za povećanje kvaliteta i vrijednosti drveta. Vallace et al., 2014, prema Liang, K., etl al., 2019) su sproveli eksperiment da bi dobili tri povratna Lidar podataka o 4-godišnjoj sastojini *eukaliptusa* koja se nalazi na Tasmaniji, Australija. Platforma skenera je bila rotacioni dron, koji je mogao da leti na maloj visini (40 m) i malom brzinom. Na ovaj način su dobili oblake tačaka visoke gustine (145 i 220 impulsa/m^2). Podaci Lidara su prikupljeni prije i poslije rezidbe. Pojedinačne krošnje drveća su automatski segmentirane iz podataka i zapremina krošnje i visina osnove su određene korišćenjem geometrije oblaka tačaka. Rezultati su pokazali značajne razlike u svojstvima krošnje između neorezanih i orezanih stabala, što ukazuje da Lidar sistem zasnovan na dronu može efikasno razlikovati tretmane orezivanja. Na nivou pojedinačnih stabala, postojale su umjerene korelacije između visina osnove krošnje dobijene Lidarom i izjerene na terenu. Kako laserski skeneri stalno postaju lakši, oni se mogu montirati i na manje bespilotne letelice (Tuldahl i Larsson 2014, prema Liang, K., Vang, J., Piorala, J., Lehtomaki, M., Iu, K., Kartinen, H., Kuko, A., Honkavaara, E., El Issaoui, A., Nevalainen, O., Vaaja, M., Virtanen, J.P., Katoh, M., Deng, S., 2019), čineći njihove aplikacije u šumarstvu efikasnijim.

4.6. Procjena zdravstvenog stanja šuma

U nastojanju da bolje razumije povezanost između abiotičkih pokretača i smrtnosti (sušenja) drveća u tropskim šumama, tim istraživača sa Instituta za tropska istraživanja Smithsonian u Panami koristio je ponovljene fotogrametrije dronom (izvlačenje 3D informacija iz fotografija) na površini od 1.550 ha šume, u cilju procjene zdravstvenog stanja i struktura krošnji šuma na području istraživanja tokom 5 godina. Za to vrijeme, tim je identifikovao preko 11.000 značajnih (>25m^2 površine) poremećaja krošnje, za koje je identifikovano postojanje urušavanja (padanja) grana i stabla. Dalja analiza je pokazala da se do 67% ovih poremećaja može pripisati različitim abiotičkim faktorima kao što su tip zemljišta, starost šume i topografija terena. Primarna svrha ovog istraživanja bila je pomoć u izgradnji razumijevanja vjerovatnih uticaja nastupajuće promjene klime, prvenstveno kroz abiotske promjene - na tropske prašume, a posebno na sušenje drveća (www. cabi.org/forestscience/new, 2022).

5. SNIMANJE IZVEDENE BIOLOŠKE REKULTIVACIJE POŠUMLJAVANJEM RUDARSKIH ODLAGALIŠTA

Rudno bogatstvo, u zemlji i na njenoj površini, dobro je od opšteg interesa u svojini Republike Srpske (Entitet u sastavu BiH) i na njemu se može steći pravo korišćenja pod uslovima i na način utvrđen Zakonom o koncesijama (2013) i odredbama Zakona o rudarstvu (2012). Koncesionar, odnosno ZP „Rudnik i Termoelektrana Ugljevik“ a.d. Ugljevik je dužan da, u toku i po završetku izvođenja radova na eksploataciji mineralnih sirovina, privede zemljište na prostoru PK „Bogutovo Selo“ prvobitnoj ili drugoj namjeni, u skladu sa odobrenim projektom rekultivacije zemljišta.

Na spoljnim odlagalištima (Veliko zapadno i Sjeverno odlagalište) površinskog kopa "Bogutovo Selo" Ugljevik u periodu od 1992. do 2022. godine izvršena je biološka rekultivacija pošumljavanjem na ukupnoj površini od oko 250 hektara (zasađeno cca 750.000 sadnica), u cilju zaštite i sanacije narušene životne sredine. Od momenta zasnivanja šumskih kultura one se knjigovodstveno evidentiraju kao biološka sredstva u vrijednosti izvršenog pošumljavanja. Biološka sredstva prema definiciji iz Međunarodnog računovodstvenog standarda 41 (MRS 41) su biljke, a od drugih osnovnih sredstava se razlikuju po tome što imaju sposobnost biološke transformacije.

5.1. Karakteristike bespilotne letilice - model „SenseFly eBee“, nabavljene za potrebe ZP „RiTE Ugljevik“ d.o.o. Ugljevik

Nabavljenom bespilotnom letilicom mogu se snimati rekultivisane površine (biološka rekultivacija) na odlagalištima površinskog kopa „Bogutvo Selo“ Ugljevik. Radi potpunijeg snimanja, pojavila se i potreba nabavke kamere tipa RGB sa opcijom NIR (namijenjenom za snimanje objekata u poljoprivredi i šumarstvu, koja ima mogućnost spektralne analize). NIR kamera omogućava precizno snimanje vegetacije na bazi utvrđivanja indeksa vegetacije ili stanja hlorofila u biljkama, odnosno sadnicama ili stablima (tabela 1).

Aerofotogrametrijsko snimanje pošumljenih površina iz vazduha predstavlja dragocjenu i neporecivu informaciju o stanju na terenu jer ga odlikuje visoka preciznost i bogatstvo detalja. Na snimcima najviše rezolucije mogu se prepoznati fini detalji kao što su dimenzije i stanje stabala na zemljištu u vještački podignutim šumama (šumskim kulturama), kao i stanje biljaka u poljoprivredi, odnosno poljoprivrednoj rekultivaciji koja se u perspektivi planira izvoditi na završnim platoima spoljnih odlagališta površinskog kopa „Bogutvo Selo“ Ugljevik.

Tabela 1. – Očekivana tačnost prema rezoluciji snimka
(Livona ortofoto - „Livona“ d.o.o. Beograd)

Rezolucija	Horizontalna tačnost	Vertikalna tačnost
3 cm/piksel	3 – 6 cm	6 – 9 cm
5 cm/piksel	5 – 10 cm	10 – 15 cm
10 cm/piksel	10 – 20 cm	20 – 30 cm
20 cm/piksel	20 – 40 cm	40 – 60 cm
30 cm/piksel	30 – 60 cm	60 – 90 cm

Standardni proizvodi aerofotogrametrijskog snimanja ovog (nabavljenog) drona su: 1. ortofoto slika (pogodna za GIS softvere), 2. ortofoto mozaik (pogoda za AutoCad i slične softvere), 3. digitalni model površina (raster pogodan za GIS softvere) i 4. oblak tačaka (pogodan za prostorne analize u CAD i Lidar softverima). Sa rasponom rezolucije od 3-30 cm/piksel može se uraditi snimak po mjeri potrebe određenog projekta. Izabrana optimalna rezolucija prikazuje nivo detalja i osigurava tačnost koja je adekvatna za kvalitetno detektovanje snimanih objekata.

Slika 4. – Nabavljena bespilotna letilica u ZP „RiTE“ Ugljevik,
model: „Sensefly eBee“, („Livona“ d.o.o. Beograd, 2016)

Za pravilno korišćenje bespilotne letilice(slika 4) neophodna je odgovarajuća terenska obuka u trajanju od najmanje pet dana i jednogodišnja tehnička podrška od strane isporučioca letilice. Način lansiranja nabavljene letilice je iz ruke, sa maksimalno vremenom leta do 45 minuta.

Minimalna rezolucija kamere je 16 MP. Softveri imaju mogućnost da planiraju let, nadzor letilice i naknadnu obradu podataka. Letilica može da leti pri brzini vjetra do 12 metara u sekundi. Slijetanje letilice je na trup, na određen prostor (pistu) veličine 20 x 20 metara. Izgled fotografije zasnovanih šumskih kultura na Sjevernom dolagalištu površinskom kopu „Bogutovo Selo“ Ugljevik snimljene bespilotnom letilicom „Sensefly eBee“, prikazan je na slici 5.

Slika 5. – Fotografija snimljena bespilotnom letilicom, Sjeverno odlagalište na PK „Bogutovo Selo“ Ugljevik, (Plan i razvoj - Geodetska služba)

Rezolucija snimaka na zemljištu (tlu) treba da je što preciznija (barem 3,5 cm/piksela), pošto se radi o snimanju sadnica koje su u prvoj godini nakon sadnje visine od 15-80 centimetara (topole i 150 centimetara) i prečnika korijenovog vrata od 2-10 milimetara, odnosno stabala u starijim šumskim kulturama visine do 10 metara i prsnog prečnika do 20 centimetara. Navedena rezolucije snimaka daju horizontalnu tačnost u rasponu od 3-6 centimetara i vertikalnu tačnost u rasponu od 6-9 centimenata. Ovu rezoluciju i preciznost obezbjeđuje visina leta letilice do 100 metara iznad terena. Rekultivisanu površinu na PK „Bogutovo Selo“ je moguće snimiti za cca 10 sati leta letilice.

6. ZAKLJUČAK

1. Dronovi imaju potencijal za širok spektar upotrebe u šumarstvu, kao što su prikupljanje informacija o broju i zdravlju drveća, zapreminske proračune biomase, prepoznavanje i mapiranje dijelova koji su pretrpjeli sječu, upravljanje brzorastućim plantažama, kontrola gustine šuma, mapiranje stabala, monitoring ilegalne sječe, snimanje šumskih požara itd.

2. Aerofotogrametrijsko snimanje iz vazduha dronovima predstavlja dragocjenu informaciju o stanju izvedene biološke rekultivacije pošumljavanjem na prostorima spoljnih odlagališta površinskog kopa „Bogutovo Selo“ Ugljevik. Za potrebe snimanja izvedene biološke rekultivacije pošumljavanjem, nabavljena letilica modela „Sensefly eBee“, pored postojeće opreme mora biti snabdjevena i odgovarajućom NIR kamerom.

Literatura

1. Daineli, R., Toscano, P., Di Đenaro, S.P., Matese, A. (2021): *Nedavna dostignuća u daljinskom detektovanju šuma bespilotnim letelicama - sistematski pregled. Deo I: Opšti okvir*. Časopis „Šume“ 2021, 12(3), 327, Institut za bioekonomiju, Nacionalni istraživački savjet, Via Caproni 8, 50145 Firenca, Italija.

2. Maksimović, M., Milošević, D. (2016): *Zaštita životne sredine-Rekultivacija pošumljavanjem odlagališta površinskih kopova uglja*. Naučna monografija. Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor. Bijeljina.

3. Maksimović, M., Milošević, D. (2017): *Snimanje prijema izvršene rekultivacije pošumljavanjem ugljevičkih rudničkih deposola putem bespilotne letilice*. Zbornik radova. Privredna komora Srbije, 5. Savjetovanja sa međunarodnim učešćem „Zaštita životne sredine i održivi razvoj u rudarstvu i energetici“, Tara, Srbija.

4. Nasiri,V., Darvishsefat, A., Arefi, H., Deseilligni, M.P., Namiranian, M., Le Bris, A. (2021): *Modeliranje visine krošnje na bazi bespilotne letilice (UAV) pod uslovima lišća i lišća za određivanje visine stabla i prečnika krošnje (studija slučaja: mješovita šuma)*. Publikacija „Canadia Journal of Forests Research, Volume 51, Number 7. Kanada.

5. Liang, K., Vang, J., Piorala, J., Lehtomaki, M., Iu, K., Kartinen, H., Kuko, A., Honkavara, E., El Issaoui, A., Nevalainen, O., Vaja, M., Virtanen, J.P., Katoh, M., Deng, S. (2019): *Posmatranja šuma in situ korišćenjem bespilotne letelice kao alternative zemaljskim merenjima*. „Šumski ekosistemi“ obim 6 , broj članka 20, Eksperimentalno mjesto uspostavljeno u borealnoj šumi u Evo, Finska.

6. Stojanović, N., Poljaković-Pajnik, L., Radulović, M., Novković, M., Živković, M. (2018): *Dronovi-uporedna legislativa i primena u šumarstvu*. Topola N0 201/202. Institut za nizijsko šumarstvo i životnu sredinu Univerziteta u Novom Sadu. Novi Sad.76. www.livona.rs.

7. Tang, L., Guofan, Š. (2015): *Drone remote sensing for forestry research and practices*. Journal of Forestry Research 26(4).

8. Zheng, S., Vang, V., Liu, Z., Vu, Z. (2021): *Sistem za praćenje požara na šumskoj farmi zasnovan na dubokom učenju i snimcima bespilotnih letilica*. ASC Publications.

9. (2016): *Bespilotni sistemi za fotogrametriju i inspekciju objekata*. „Livona“ d.o.o. Beograd.

10. (**2022): *Korišćenje dronova za identifikaciju i kvantifikaciju poremećaja u tropskim šumama*. www.cabi.org/forestscience/new.

11. (**2012): *Zakon o rudarstvu* („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj: 59/12). Banja Luka.

12. (**2013): *Zakon o šumama* („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj: 75/08 i 60/13). Banja Luka.87.

13. (**2013): *Zakon o koncesijama* („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj: 59/13). Banja Luka.

14. (**2009): *Pravilnik o načinu i postupku utvrđivanja vrijednosti šuma* („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj: 72/09). Banja Luka.

15. (**2011): *Međunarodni računovodstveni standardi za javni sektor*. Savez računovođa i revizora Republike Srpske. Knjiga dva. Banja Luka.

16. (**2013): *Naredba o pravilima letenja*. „Službeni glasnik BiH“ broj: 52/13. Sarajevo.

17. (**2016): *Pravilnik o odobravanju letova*. „Službeni glasnik BiH“ broj: 4/16. Sarajevo.

Предраг Милошевић[1]
Prof. dr Zvezdan Stojanović[2]
Доц. др Владimir Боровић

Оригинални научни рад
УДК 004.891.2:007.52

ИНТЕЛИГЕНТНИ ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ[3]

Апстракт

Примена интелигентних информационих система у систему управљања омогућује интеграцију вештачке интелигенције и технологије база података. Кроз систем јединстве функције: процена ситуације, разумевање контекста околине и комуникација модел интелигентних информационих система је у стању да оствари комуникацију и сарадњу у процесу дистрибуције информација. Агенти комуницирају како би постигли боље задатке за њих или друштва/система у коме постоје. Комуникација може омогућити агентима да координирају своје акције и понашање, што резултира тиме да су исти уравнотеженији. За комуникацију, агенти су у могућности да координирају и добијају све неопходне информације о коалицији и сарадњи осталих агената.

Кључне речи: информација, информациони систем, вештачка интелигенција, управљање, агенти, комуникација.

Predrag Milošević
Doc. dr Vladan Borović

INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS

Abstract

The application of intelligent information systems in the management system enables the integration of artificial intelligence and database technology. Through the system of unity of function: assessment of the situation, understanding of the context of the environment and communication, the model of intelligent information systems is able to achieve communication and cooperation in the process of information distribution. Agents communicate to achieve better tasks for themselves or the society/system in which they exist. Communication can enable agents to coordinate their actions and behavior, resulting in them being more balanced. For communication, agents are able to coordinate and receive all necessary information about the coalition and cooperation of other agents.

---

[1]Студент докторских студија Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, Факултет техничких наука, е-маил: predrag.gmilosevic@mup.gov.rs
[2]Доцент на Факултету за Дипломатију и Безбедност, Београд
[3] Рад је проистекао као резултат истраживања на Мастер раду под називом: „Примена интелигентних информационих система и управљању у ванредним ситуацијама“, који је аутор одбранио на Криминалистичко-полицијском универзитету у Београду 2021. године.

Keywords: information, information system, artificial intelligence, management, agents, communication.

1. Уводне напомене

У времену брзог техничко - технолошког развоја, информациони системи представљају основне ресурсе сваке организације, приватног и јавног сектора. Њихов значај у савременим условима рада је одлучујући и само ако им се посвети одговарајућа пажња и ако се успостави савремен систем управљања друштвом може се остварити жељени ниво заштите. Само ако је сектор управљања способан да одговори на актуелне и потенцијалне изазове и ризике, могућ је несметан развој организације и стварање услова за живот и рад грађана, а за испуњење овог услова неопходан је континуирани развој информационих система.

Предмет истраживања у овом раду је изучавање могућности примене интелигентних информационих система у управљању, као и приказ и симулација решења која могу имати примену у разним областима друштва. Имајући у виду све веће могућности примене интелигентних информационих система у управљању, истраживање ове теме захтевало је постављање следећих циљева:

- Научни циљ се односи на поступак примене интелигентних информационих система у управљању и развијању решења која могу олакшати рад у најразличитијим секторима тако и код обичних корисника.
- Практични циљ се састоји у приказу примене интелигентних информационих система у управљању у различитим околностима који захтевају потребу за сакљупљањем и обрађивањем података са разних уређаја (из области информационих технологија), њихову анализу и примену.

Полазећи од циљева и предмета истраживања постављена је следећа хипотеза: Систем управљање је услов очувања квалитета животних услова, а претпоставка одрживости овог система је изградња модела реаговања уз примену интелигентних информационих система у управљању најразличитијим системима.

Приликом писања рада настојало се да се испуне основни методолошки захтеви: поузданост, реалност, тачност и систематичност. У истраживању су коришћени секундарни извори података, међу којима су расположива релевантна академска и стручна литература из области интелигентних информационих система, као и статистички подаци релевантних статистичких институција.

2. Појам и одређење примене интелигентних информационих система

Интелигентни информациони системи (ИИС) су нова генерација информационих система који интегришу вештачку интелигенцију и технологије база података. Информациони систем (ИС) обично се користи за складиштење и

преглед информација, а ителигентно понашање засновано је на знању. У том смислу интелигентни информациони систем пружа различите нивое интелигентне подршке за његову намеравану употребу. Систем треба да садржи интелигентну функционалност подршке, знање потребно за интелигентну подршку и средства за управљање знањем на интегрисан начин.[4]

Информације и знање могу се добити из ресурса знања из домена, а додатно извући из података помоћу интелигентне анализе података.[5] Како се у оквиру будућих токова могу променити услови, овај процес се мора редовно понављати. Ово индукује динамички циклус података информација знања. Овај приступ решава потребе у надолазећим апликацијама које укључују огромне количине информација (на пример, у е-пословању). Генерално, ИС су дизајнирани да подрже одређене пословне процесе. Ово, нажалост, имплицира да се подаци, информације и знање дистрибуирају по различитим системима.

Интелигентни системи су битан елемент остварења циљева у различитим областима људског рада и понашања. Стога, ови системи морају одговорити на проблеме управљања хардвером, софтвером, подацима и рачунарским мрежама на стратешки начин. Важност информационих система углавном лежи у ефикасном и одговорном разумевању у име свих менаџера или људи у организацији потребе прилагођавања глобалном информационом друштву. Сходно томе, рачунарски системи данас све више постају витална компонента националне безбедности.

Коришћењем рачунарских система и њихових апликација у оперативним и управљачким областима ради стварања конкурентске предности, обезбеђује се размена информација заснована на Интернету унутар локалних и националних ентитета.[6] У ту сврху, основни концепти интелигентног информационог система пружа елементе техничког и другог понашања који омогућава да се поткрепљују специјализоване апликације у процесу доношења одлука и изградњи стратешких предности у односу на конкуренте.

Однос Интернет - глобализација може се посматрати као елемент пословног процеса у коме сваки фактор изазива други. У савременој организацији, информациона технологија доводи до нових смерница које захтевају употребу све софистициранијих средстава (вештачка интелигенција, експертски системи итд.) услед процеса промена у пословном окружењу које је прожето захтевима нове технике и нових метода примене.

---

[4] S. Ansari, R. Kohavi, L. Mason, and Z. Zheng. Integrating E-Commerce and data mining: Architecture and challenges. In N. Cercone, T.Y. Lin, and X. Wu, editors. ICDM 2001 Proc. of the 2001 IEEE Intl. Conf. on Data Mining, pages 27-34. IEEE Computer Society, 2001.

[5] Borović, V., Spalević, P., Čisar, P., Rančić, D., Jović, D. (2019) "Supervisory system for physical objects spatial location detection", Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Elsevier.

[6] http://profs.info.uaic.ro/~mihaela/teach/biz/ curs09biz.pdf.

Примена ИИС пружа решења за интеграцију веома различитих система. Управљање радним процесима захтева структурирано софтверско решење са улогом моделирања и оптимизације тренутних активности (посебно понављајућих) организације и унутрашњих и спољашњих људских интеракција у облику функционалног процеса.

3. Концептуално моделирање интелигентног информационог система

Концептуално моделирање интелигентног информационог система је комбинација метода из инжењеринга информационих система, инжењеринга знања и интелигентне анализе података.[7] Док се развој различитих делова обично врши одвојено, овде је обједињен. Очекује се да ће ово смањити грешке и време у спецификацијама и дизајну ових апликација.

Концептуално моделирање интелигентног информационог система представићемо на слици 1. На дијаграму активности процеса представљен је ток моделирања интелигентног информационог система који подржава динамички циклус податак-информација-знања. Динамички циклус података-информација-знања састоји се од:

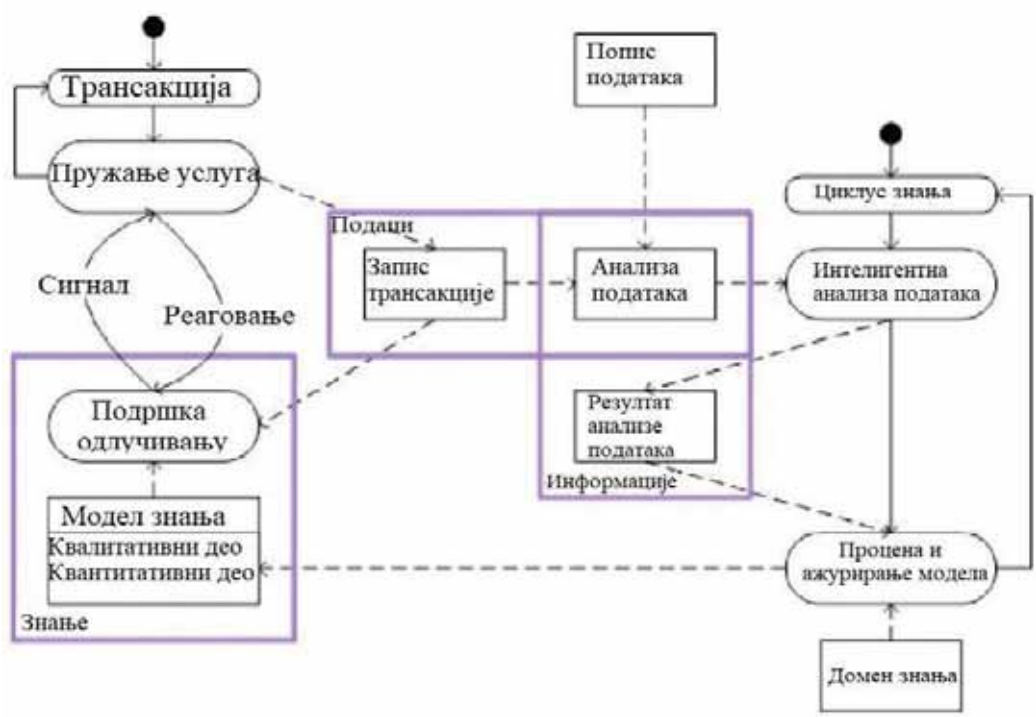
- Податак. Подаци се састоје од података и информација прикупљених током пословног процеса и других ресурса, као што су пописни подаци. Запис трансакција обично садржи специфичне повезане информације о одређеној трансакцији. Може се ограничити само на трансакцију, на пример, на продајним местима у оквиру неког објекта. Насупрот томе, у неких областима (безбедност) записи су дугачки и садрже сажете и детаљне информације. Сви подаци се чувају у бази података за анализу у одговарајућој структури за анализу.
- Информације у овом контексту су сви доследни (интелигентни) резултати анализе података који могу допринети моделу знања. Ови резултати могу бити ускладиштени у истој бази података за анализу, стога се преклапају информације и подаци.
- Циклус знања управља процесом откривања знања из података интелигентном анализом података за модел знања. Изводи се редовно, могуће заједно са циклусом извештавања. Резултати анализе података могу повећати процену и ажурирање модела.

У оквиру моделирања интелигентног информационог система можемо препознати главне процесе: примарни пословни процес обрађује трансакције засноване на догађајима означене статусом трансакције. У одређеном случају, активност пружа услугу обрађује тражену услугу и чува информације у запису трансакције.[8] Систем за подршку одлучивању користи ове информације за сигнализацију било каквих посебности и добија сигнал реакције као одговор. Сигнали се могу подесити да буду

[7] J.W. Rahayu, E. Chang, T.S. Dillon, and D. Tamar. Performance evaluation of the object- relational transformation methodology. Data & Knowledge Engineering, 38:265-300, 2001.

[8] M. Berthold and D. J. Hand. Intelligent Data Analysis An introduction to the diverse areas of modern Data Analysis. Springer Verlag, 1999.

аутоматски или само на захтев, и не морају бити негативни. Интеграција информација, знања и различитих функционалности у један систем захтева пажљиво овлашћење. На основу контроле приступа засноване на садржају зависне улоге, може се направити разлика између различитих функција и информација.



Слика 1: Модел ИИС-а који подржава динамички циклус податак-информација-знања.

4. Модел знања

Модели знања представљају однос између појмова и допуштају закључивање. Подршка за неодлучност, закључивање укључује проналажење вредности на основу познатих вредности.[9] Модел знања се добија из знања о домену и откривања знања интелигентном анализом података.

Знање о домену генерално доприноси квалитативном делу, стога дефинишу концепте и асоцијације међу њима. Откривање знања доприноси квантитативном делу одређивањем снаге асоцијација, али може допринети и квантитативном делу откривањем нових асоцијација. Откривање знања из података обично се врши интелигентном анализом података. Конкретно, рударство правила асоцијације

[9] Dehne, F & Wieringa, RJ 1997, Toolkit for Conceptual Modeling (TCM): User's Guide and Reference. Technical Report / Faculty of Mathematics and Computer Science, no. IR-437, Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.

проналази асоцијације између ставки у скупу података. Рударство правила удружења, познато и као „анализа корпе“, првобитно се користи за одређивање понашања купаца при куповини робе у продавници. Ова правила представљају удруживање куповине комплета артикала са другим сетом артикала.

Рударство правила придруживања дато је импликацијом X =>Y где су X и Y дисјунктни скупови артикала купљених у истој трансакцији. Удружење се може квантифицирати помоћу низа мера, уобичајене подршке и поверења. Подршка је део броја трансакција које садрже скуп Кс у односу на укупан број трансакција и указује на учесталост овог скупа. Поверење даје снагу удружења.[10]

Support $supp(X,Y) = |(X \wedge Y) C T|/|T|$

Confidence $conf(X,Y) = supp(X \wedge Y)/supp(X)$[11]

Где је T укупан број трансакција, |. | означава број трансакција.

На сличан начин, невероватне комбинације скупова ставки означене су правилом негативне асоцијације X=> Y . У подршци одлучивању корисна су оба правила повезивања за вероватне и невероватне комбинације. Пошто одлука генерално није ограничена на једну трансакцију, придружени скупови су дефинисани на општи начин. Почетни скуп X може приказивати чињенице прикупљене из различитих извора у одређеном периоду, а придружени скуп Y повезане чињенице. Ако дође до ових услова, потребно је предузети радње у складу са условима и поверењем. Правила подршке одлучивању могу се формулисати на следећи начин:[12]

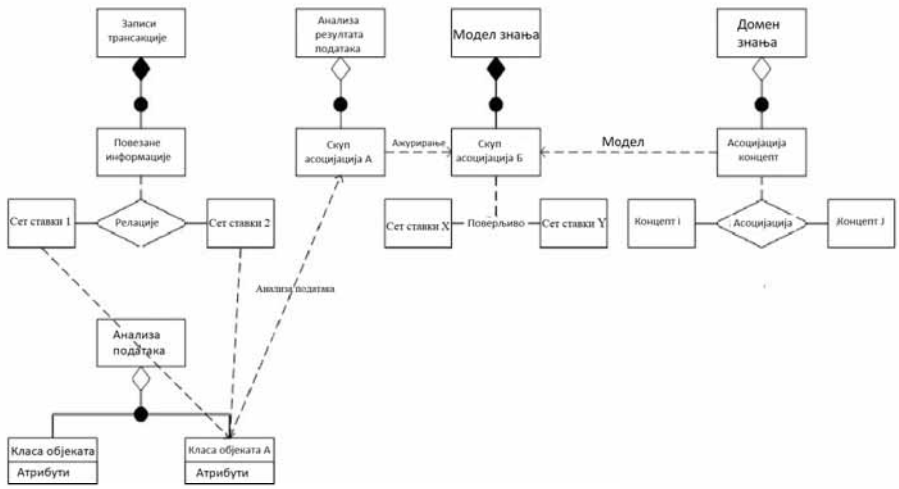
If *{condition}* then *{action}* strength *conf/supp* valid *{constraint}*

Где се снага изражава у поверењу и подршци, а ограничење је додатно правило које није директно повезано са моделом знања. Ове врсте ограничења су у делу за подршку одлучивању.

[10] Ying-Lie O. Incorporating the knowledge management cycle in e-business. In J. Gordijn and J.M. Akkermans, editors, K-CAP 2001 First Intl. Conf. on Knowledge Capture, Workshop Knowledge in e-Business

[11] Xiaowei Yan, Chengqi Zhang, Shichao Zhang. "Armga: Identifying interesting association rules with genetic algorithms", Applied Artificial Intelligence, 2005.

[12] Ying-Lie O. Incorporating the knowledge management cycle in e-business. In J. Gordijn and J.M. Akkermans, editors, K-CAP 2001 First Intl. Conf. on Knowledge Capture, Workshop Knowledge in e-Business



Слика 2: *Модел динамичког циклуса података-информација-знања.*[13]

5. Имплементирање технологије у постојећим апликацијама софтвера у управљању пословним процесима

Технологије и стандарди који се користе у имплементацији УПП-а су ХТМЛ и веб услуге. Ово последње представља стандардизовано средство комуникације између веб апликација. Језик, специфичан за УПП, је језик за Извршење пословних процеса (ИПП). Дефинише се стандардом заснованим на ХТМЛ-у и веб услугама, који омогућава моделирање и аутоматизацију њихових пословних токова.[14]

Са овим наменским језиком, пословни токови и пословна правила могу се дефинисати на интуитиван начин. Тиме је обезбеђен висок ниво транспарентности у пословању. Захваљујући овим иновацијама, ИПП технологија поједностављује интеграцију различитих апликација и пословних процеса.

Решења за управљање пословним процесима се користе и за аутоматизацију интерних процеса у организацији са партнерима за вођење

[13] C. Zhang and S. Zhang. Association Rule Mining, models and Algorithms, volume 2307 of Lecture Notes in Artificial Intelligence. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.

[14] Weske, M. (2007) Business Process Management - Concepts, Languages, Architectures, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg; and Ould, M. A. (2005) Business Process Management: A Rigorous Approach, British Computer Society

протока информација. Ова решења нуде флексибилност у интегрисању и аутоматизацији сложених пословних процеса, укључујући неколико организација. Имплементација БПМ технологије у постојеће рачунарске системе захтева сложену анализу информација која идентификује пословне процесе и успоставља корелације међу њима. Прелазак на нову технологију не може се извршити у одсуству анализе трошкова која настоји да идентификује трошкове пројектовања, имплементације и одржавања различитих решења.[15]

Када се фаза анализе заврши, њени закључци доводе до дизајнирања модела управљања коришћењем визуелних алата укључених у апликације за управљање пословним процесима. У ствари, моделирање пословних процеса има за циљ да их интегрише у информационе системе унутар организације. Инструменти који се користе засновани су на јединственом језику за моделовање и језику извршавања пословних процеса технологије. Као резултат тога, имплементација решења резултира генерисањем компоненти из модела. Тестирање решења и оптимизација су последња фаза имплементације УПП -а. Укључује тестирање менија пословних процеса, исправљање програмских грешака или моделирање и оптимизацију ових процеса.

Тестирање решења и оптимизација су последња фаза имплементације УПП-а. Она укључује тестирање менија пословних процеса, исправљање програмских грешака или моделирање и оптимизацију ових процеса.

6. Уместо закључка

Интелигентни системи су битан елемент остварења циљева у различитим областима људског рада и понашања. Стога, ови системи морају одговорити на проблеме управљања хардвером, софтвером, подацима и рачунарским мрежама на стратешки начин. У ту сврху, основни концепт интелигентног информационог система пружа елементе техничког и другог понашања који омогућава да се поткрепљују специјализоване апликације у процесу доношења одлука и изградњи стратешких предности у односу на конкуренте.[16]

Примена интелигентних информационих система у управљању би могла да се уради кроз систем јединства функције: процена ситуације, разумевање контекста околине, комуникација, сарадња својства. Предложени модел је у стању да оствари комуникацију и сарадњу уз координацију, коалицију и сарадњу својства дистрибуције информација. Агенти комуницирају како би постигли боље задатке за њих или друштво/систем у коме постоје.

У оквиру моделирања интелигентног информационог система примарни пословни процес обрађује трансакције засноване на догађајима означене статусом трансакције. У одређеном случају, активност пружа услугу обрађује

[15] Mining Association Rules with Item Constraints Ramakrishnan Srikant and Quoc Vu and Rakesh Agrawal IBM Almaden Research Center 650 Harry Road, San Jose, CA 95120, U.S.A.

[16] Borović,V., Spalević, P., Jović, S., Jerković, D., Drasute, D. Rančić, D. (2018) "Hail suppression activities using TETRA-based sensor network", Sensor Review, Emerald Publishing Limited.

тражену услугу и чува информације у запису трансакције. Систем за подршку одлучивању користи ове информације за сигнализацију било каквих посебности и добија сигнал реакције као одговор. Сигнали се могу подесити да буду аутоматски или само на захтев, и не морају бити негативни.

ЛИТЕРАТУРА

— Ansari S., R. Kohavi R., Mason L.,, and Z. Zheng. Integrating E-Commerce and data mining: Architecture and challenges.
— Borović, V., Spalević, P., Čisar, P., Rančić, D., Jović, D. (2019) "Supervisory system for physical objects spatial location detection", Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Elsevier, 1 May 2019, DOI: 10.1016/j.physa.2019.01.023 Volume 521, pp:781-795
— Borović,V., Spalević, P., Jović, S., Jerković, D., Drasute, D. Rančić, D. (2018) "Hail suppression activities using TETRA-based sensor network", Sensor Review, Emerald Publishing Limited, 7 March 2019, DOI: 10.1108/SR-02-2018-0029, ISSN: 0260-2288 Vol. 39 No. 2, pp. 171-177.
— Berthold M., and D. J. Hand. Intelligent Data Analysis An introduction to the diverse areas of modern Data Analysis. Springer Verlag, 1999.
— Weske, M. (2007) Business Process Management - Concepts, Languages, Architectures, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg;
— Gordijn J., and J.M. Akkermans, editors, K-CAP 2001 First Intl. Conf. on Knowledge Capture, Workshop Knowledge in e-Business
— Zhang C., and S. Zhang. Association Rule Mining, models and Algorithms, volume 2307 of Lecture Notes in Artificial Intelligence. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2002.
— Ying-Lie O. Incorporating the knowledge management cycle in e-business.
— Xiaowei Yan, Chengqi Zhang, Shichao Zhang. "Armga: Identifying interesting association rules with genetic algorithms", Applied Artificial Intelligence, 2005.
— Mining Association Rules with Item Constraints Ramakrishnan Srikant and Quoc Vu and Rakesh Agrawal IBM Almaden Research Center 650 Harry Road, San Jose, CA 95120, U.S.A.
— Cercone N., T.Y. Lin, and X. Wu, editors. ICDM 2001 Proc. of the 2001 IEEE Intl. Conf. on Data Mining, IEEE Computer Society, 2001.
— Ould, M. A. (2005) Business Process Management: A Rigorous Approach, British Computer Society
— Rahayu J.W., Chang E., Dillon T.S. , and D. Tamar. Performance evaluation of the object- relational transformation methodology. Data & Knowledge Engineering, 2001.
— http://profs.info.uaic.ro/~mihaela/teach/biz/ curs09biz.pdf.

Prof. dr. sc. Zijad Jagodić[1]

Pregledni rad
UDK: 007.52:517.938(4-672EU)

RAZVOJ PROMETNE ROBOTIKE I UMJETNE INTELIGENCIJE U SVJETLU REZOLUCIJE EVROPSKOG PARLAMENTA (2017)

Sažetak

Jedan od tvoraca prvih robota, Karl Čapek, koji je zapravo i osmislio riječ robot, sanjao je o mogućnosti stvaranja inteligentnih strojeva koji su obično bili samo androidi s ljudskim karakteristikama. Nesporna je činjenica da je današnje čovječanstvo, pa tako i Evropska Unija, na pragu ere u kojoj će sve napredniji roboti, botovi, androidi i drugi oblici umjetne inteligencije biti spremni pokrenuti novu industrijsku revoluciju koja će vjerovatno značajno utjecati na sveukupno društvo. Prema tome, vrlo je važno da se zakonodavac može nositi sa svim njenim potencijalnim pravnim i etičkim posljedicama i utjecajima bez osporavanja inovacija, zbog čega je potrebno formulirati općeprihvatljivu definiciju robota i umjetne inteligencije, koja će biti fleksibilna i kao takva nesprečavati njihov razvoj.

Ključne riječi: razvoj, robot, umjetna inteligencija, ograničenja, posljedice.

DEVELOPMENT OF TRAFFIC ROBOTICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE LIGHT OF THE EUROPEAN PARLIAMENT RESOLUTION (2017)

Summary

One of the creators of the first robots, Karl Čapek, who actually coined the word robot, dreamed of the possibility of creating intelligent machines that were usually just androids with human characteristics. It is also an indisputable fact that today's humanity is on the threshold of an era in which increasingly advanced robots, bots, androids and other forms of artificial intelligence will be ready to trigger a new industrial revolution that will probably have a significant impact on the entire society. Accordingly, it is very important for the legislator to deal with all its potential legal and ethical consequences and impacts without challenging innovations, which is why it is necessary to formulate a generally acceptable definition for robots and artificial intelligence, which will be flexible and as such will not hinder its development.

Key words: development, robot, artificial intelligence, limitations, consequences.

1. UVOD

Ovaj rad nastoji pojasniti određene specifičnosti robotike u prometu kroz svjetlo umjetne inteligencije uključujući i namjere Evropske Unije usvojenom rezolucijom 2017. godine, koja će po svemu sudeći u brojnim privrednim granama ali i društvenom životu donijeti mnoge novosti, olakšice ali i izvjesne opasnosti i rizike, o čemu se moraju pobrinuti svi nadležni

[1] Tehnički fakultet Evropskog univerziteta Brčko distrikt

organi Evropske Unije, svake države članice ponaosob ali i privredna i druga društva kao i pojedinci.

Definicija umjetne inteligencije predstavlja sposobnost stroja da pokaže ljudske karakteristike kao što su razmišljanje, učenje, planiranje i kreativnost. Umjetna inteligencija omogućava tehničkim sistemima da percipiraju okolinu, procesuiraju ono što percipiraju i rješavaju problem, djelujući u skladu s određenim ciljem. Računar prima podatke koji su unaprijed pripremljeni ili ih samo senzorima, poput kamere, prikuplja, obrađuje i reagira. Sistemi koji funkcioniraju na osnovu umjetne inteligencije mogu samostalno u određenoj mjeri prilagođavati svoje ponašanje na osnovu analize učinaka svojih prethodnih djelovanja. Neke tehnologije umjetne inteligencije su prisutne već više od 50 godina, a napredak u sposobnostima računara, pristupajući ogromnim količinama podataka i razvoju novih algoritama su u zadnjim godinama doveli do izuzetno velikih promjena. Umjetna inteligencija je prioritni zadatak Evropske Unije, jer će ista prema najavama imati ključnu ulogu u digitalnoj transformaciji privrede i društva. Novi, još neupotrijebljeni i neodkriveni postupci upotrebe umjetne inteligencije bi trebali dovesti do ogromnih promjena, dok je ista u našim životima pa i praksi, snažno prisutna već i danas.

Automatizacija složenih zadataka bez uloge čovjeka počela se primjenjivati najprije u industriji s automatima, koji su s mehanički vođenom logikom vršili svoju funkciju. Razvojem elektornike, a kasnije i računara automati su se pretvorili u savremene računarski vođene (CNC) strojeve. Slično je bilo na području sastavljanja, gdje je prvobitno mehaničko vođeno kretanje počela mijenjati pneumatika, elektronika i programsko logični upravljači. Zbog toga u automatizaciji proizvodnih procesa sve veću ulogu imaju roboti. Najviše se primjenjuju u posluzi strojevima za varenje, farbanje, sastavljanje, pakovanje, brušenje, optičku kontrolu i sl. Razvoj robotike se najprije počeo primjenjivati u automobilskoj industriji, a danas je već nemoguće zamišljati industrijsku granu, koja bi nesmetano djelovala bez robotske podrške. Tako robotika u današnje vrijeme preuzima brojne uloge u privrednim i društvenim sektorima kao što su zdravstvo, istraživački rad, vojna tehnologija, poljoprivreda, svijet zabavne tehnologije kao i domaćinstva. Postoje još ogromna područja za unapređenje složenih postupaka kao što su upravljanje robotima, umjetni vid i inteligencija, robotska dinamika i kinematika. Razlozi za automatizaciju i robotizaciju procesa su u smanjenju troškova, rasterećenju čovjeka, osiguranju kapaciteta i kvaliteta proizvodnje, skraćenom roku izrade, većim kapacitetima, štetnosti pojedinih proizvodnih faza te monotonosti operacija.

2. OSNOVE REZOLUCIJE EVROPSKOG PARLAMENTA

Imajući u vidu odredbe člana 225. Ugovora o funkcioniranju Evropske Unije, kao i čl. 46. i 52. Poslovnika, te izvještaj Odbora za pravna pitanja i mišljenje Odbora za promet i turizam kao i još nekih odbora Evropskog parlamenta uključujući činjenicu da je potrebno donijeti opće prihvaćene definicije pojmova „robot" i „umjetna inteligencija" koje su fleksibilne i kojima se neće usporavati inovacije, budući da je samo u četiri godine (od 2010. do 2014.) prodaja robota u prosjeku porasla za 17 %, a 2014. za 29 %, što predstavlja najveći godišnji porast do sada. Budući da su dobavljači automobilskih dijelova, elektroindustrija i elektronska industrija ujedno i glavni pokretači rasta, u posljednjih deset godina broj prijavljenih patenata u području robotike se utrostručio. Međutim, niz drugih podataka koji ukazuju na značajan doprinos robotike, upućuje na to, da bi umjetna inteligencija dugoročno mogla u mnogočemu prevazići ljudsku intelektualnu sposobnost. Očito je da dalji razvoj i povećano korištenje automatiziranog i algoritamskog odlučivanja nesumnjivo utječe na

konačne odluke, koje donosi privatna osoba (poput poslovnog subjekta ili internetskog korisnika) ili administrativno, pravosudno ili drugo javno tijelo, koje su potrošačke, poslovne ili administrativne prirode, uz postupak automatiziranog i algoritamskog odlučivanja neophodno je uvrstiti zaštitne mjere i mogućnost ljudske kontrole i odgovarajuće verifikacije.

Temeljni prinicipi. S obzirom da tzv. Asimove zakone (Isac Asim) treba posmatrati kao uputu projektantima, proizvođačima i operatorima robota, uključujući robote s integriranom autonomijom i mogućnošću samostalnog učenja, te da ih se ne može prevesti u mašinski jezik jer su od velike važnosti, neophodno je uvažavati principe odgovornosti i transparentnosti kao i suštinske evropske i univerzalne humanističke vrijednosti koje obilježavaju doprinos Evrope društvu. Na osnovu takvih pravila ne smije se utjecati na postupak istraživanja, inovacija i razvoja u području robotike. S ubjeđenjem da bi Evropska Unija mogla imati ključnu ulogu u uspostavljanju temeljnih etičkih principa koje treba poštovati pri razvoju, programiranju i upotrebi robota te umjetne inteligencije pri uključivanju tih principa u evropske propise i kodekse ponašanja, a u cilju utjecanja na tehnološku revoluciju na način da ona služi čovječanstvu i da koristi napredne robote i umjetnu inteligenciju isti budu široko rasprostranjeni, a da se pritom u najvećoj mogućoj mjeri izbjegnu potencijalne zamke. U Rezoluciji se naglašava i potrebno vrijeme, obzirom na razvojni stadij robotike i umjetne inteligencije kako bi se započelo s radom i na pitanjima građanskopravne odgovornosti.

Kada je u pitanju odgovornost, današnji roboti, zahvaljujući impresivnim tehnološkim napretcima proteklih deset godina, nisu samo sposobni za obavljanje radnji koje su ranije bile tipične i rezervisane isključivo za ljude, već su, zahvaljujući razvoju određenih autonomnih i kognitivnih obilježja, kao što su npr. sposobnost za učenje iz iskustva i donošenje donekle neovisnih odluka, sve sličniji agentima koji su u interakciji sa svojom okolinom te su je sposobni značajno mijenjati, budući da je u tom kontekstu ključno pitanje pravna odgovornost koja proizlazi iz štetnog djelovanja robota.

Imajući u vidu da se autonomnost robota može opredijeliti kao sposobnost donošenja odluka i njihova provođenja u vanjskom svijetu, neovisno od vanjskog nadzora ili upliva, uzimajući u obzir da je takva avtonomnost sasvim tehnološka, njen stepen je ovisan od toga, kako dovršena interakcija robota s okolinom je bila predviđena pri njegovem planiranju.

3. DRUŠTVO PODPOMOGNUTO UMJETNOM INTELIGENCIJOM I ROBOTIKOM

Usvojena Rezolucija EU naglašava da će automatizacija u kombinaciji s umjetnom inteligencijom povećati produktivnost, a time i proizvodnju, uz napomenu da će, kao i u prošlim tehnološkim revolucijama, neka radna mjesta biti zamijenjena, ali će se otvoriti i nova, što će promijeniti život i načine rada. Međutim, povećana upotreba robotike kao i umjetne inteligencije bi trebala smanjiti izloženost ljudi štetnim i opasnim faktorima te pomoći u stvaranju više kvalitetnih i pristojnijih radnih mjesta kao i povećanju produktivnosti. Rezlocijom se pozivaju države članice da se fokusiraju na prekvalifikaciju radnika u industrijama koje su najviše pogođene automatizacijom rada, jer bi novi programi osposobljavanja trebali biti usmjereni na razvijanje znanja i vještina radnika, kako bi mogli iskoristiti prilike za zapošljavanje na novim poslovima, koje stvara umjetna inteligencija. Ona također potiče razvoj programa digitalnog opismenjavanja u školama te razvoj nauke i prioritetnih područja stručnog osposobljavanja kako bi se radnicima pomoglo u prilagođavanju tehnološkim promjenama.

Preporučuje se da, osim učesnika iz privatnog sektora, države članice također trebaju identificirati rizike i razviti strategije, kako bi se osigurao razvoj odgovarajućih programa prekvalifikacija i dokvalifikacija, budući da same firme moraju ulagati u osposobljavanje i prekvalifikaciju svojih radnika kako bi zadovoljile svoje potrebe. Razvoj robotike u EU-u bi trebao imati veliki utjecaj na odnose između radnika i poslodavaca, i time potakla nova industrijalizacija i omogućilo radnicima da iskoriste povećanje produktivnosti.

U trenutnom industrijskom okruženju postoji osjetljiva ravnoteža između vlasnika i radnika, te prevladava mišljenje, da bi se o uvođenju umjetne inteligencije u industriju trebalo opširno konsultovati sa socijalnim partnerima jer je za moguću promjenu broja zaposlenih u industriji potrebna proaktivna politika kako bi se radnicima pomoglo u prilagođavanju novim zahtjevima i osiguralo široko iskorištenje sveukupnih prednosti. Stoga je neophodno preispitati i reformirati tržišne politike, sistemee socijalne sigurnosti i oporezivanje, radi čega se pozivaju države članice da uklone prepreke ulasku na tržište rada, poput prekvalificiranih kadrova.

Preovladava uvjerenje da je digitalna pismenost jedan od najvažnijih faktora u razvoju umjetne inteligencije u budućnosti te se pozivaju države članice da razviju i provode strategije za osposobljavanje i prekvalifikaciju u području digitalnih kompetencija. Ona upravo može značajno pomoći u rješenjima statističke i arhivske ekonomije te olakšati komunikaciju i saradnju sa svim učesnicima.

Također je potrebno prilagoditi obrazovne programe, uključujući uvođenje novih oblika učenja i korištenje novih tehnologija pri pružanju znanja, jer će upravo te promjene utjecati na građane svih starosnih grupa. Obrazovnim aspektima bi trebalo posvetiti odgovarajuću pozornost, i uzeti u obzir potreba za digitalnim kompetencijama, uključujući računarsko programiranje, na svim nivoima obrazovanja i osposobljavanja, od ranog školovanja do cjeloživotnog obrazovanja.

3.1. Zlonamjerna upotreba umjetne inteligencije i osnovnih prava

Zlonamjerna ili nemarna upotreba umjetne inteligencije mogla bi značajno ugroziti digitalnu, fizičku i javnu sigurnost, budući da bi se mogla koristiti za velike, visoko ciljane i vrlo efikasne napade na usluge informacijskog društva kao i povezane uređaje, te kampanje dezinformiranja i, uopšte, ograničavanje prava pojedinaca na samoodređenje. Zlonamjerna ili nemarna upotreba umjetne inteligencije mogla bi dovesti do rizika za demokratiju i osnovna ljudska prava. Komisija EU bi trebala predložiti okvir za kažnjavanje manipulacija kada personalizirani sadržaj ili internetski resursi dovedu do negativnih osjećaja i iskrivljene percepcije stvarnosti, što može imati negativne posljedice (na primjer u vezi s izbornim rezultatima ili iskrivljenom percepcijom društvenih pojava, kao što je migracija.

Također se poziva Komisija EU da obrati pozornost na društvene izazove koji proizlaze iz klasifikacije građana, jer građani ne bi smjeli biti diskriminirani na osnovu svoje klasifikacije te bi trebali imati pravo na „još jednu priliku". Ipak vlada velika zabrinutost zbog upotrebe aplikacija umjetne inteligencije, uključujući prepoznavanje lica i glasa, u programima za praćenje emocija tj. praćenje mentalnog stanja radnika i građana s ciljem povećanja produktivnosti i održavanja socijalne stabilnosti, ponekad u kombinaciji sa sistemom bodovanja građana, kao što je već viđeno u Kini. Navodi se da su ti programi sami po sebi u suprotnosti s evropskim vrijednostima i normama koje štite prava i slobode pojedinaca.

3.2. Investicije u umjetnu inteligenciju

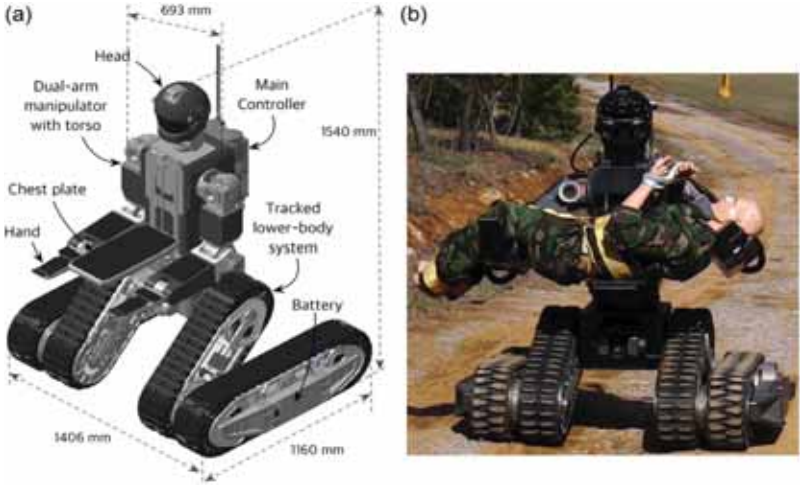
Veća ulaganja u ovo područje su od velike važnosti, ukoliko želimo ostati konkurentni i ako većina ulaganja i inovacija u ovom području dolazi od privatnih firmi, države članice. Komisiju također treba poticati da nastavi ulagati u istraživanje u ovom sektoru i utvrdi razvojna prioritetna područja. Vrlo je važno poticati koordinaciju ulaganja privatnog i javnog sektora kako bi se usmjerio cjelokupan razvoj. Ulaganje u umjetnu inteligenciju, koja može biti vrlo neizvjesna, trebala bi biti nadopunjena sredstvima EU-a, na primjer iz Evropske investicijske banke ili Evropskog investicijskog fonda, ili iz Fonda InvestEU i Evropskog fonda za strateška ulaganja, jer te metode financiranja mogu značajno pomoći u podjeli rizika. Komisija ne bi trebala dopustiti da se finansiranje EU-a usmjeri za upotrebu umjetne inteligencije u vezi s oružjem. Također prevladava stav da Komisija treba osigurati da intelektualno vlasništvo koje proizlazi iz istraživanja koje finansira EU i ostane u EU-i te na evropskim univerzitetima.

3.3. Industrijska politika

Iako je upotreba umjetne inteligencije i robotike u industriji odavno uspostavljena, napredak u tom području širi i osigurava široku i raznoliku primjenu u svim ljudskim aktivnostima. Vjeruje se, da svaki regulatorni okvir mora uključivati fleksibilnost koja omogućava inovacije i slobodan razvoj novih tehnologija i aplikacija za umjetnu inteligenciju.

Definicija veličine obima i primjene umjetne inteligencije trebala bi biti rezultat procesa dizajna vođenog potrebama i načelima koja uzimaju u obzir željeni rezultat i najbolji način za njegovo postizanje s privrednog i društvenog stajališta. Postojanje jasnih političkih ciljeva u svim fazama razvoja trebalo bi dovesti do provedbe koja odgovara svrsi i bavi se rizicima i prijetnjama. Korištenje i promoviranje javno-privatnog partnerstava ima poseban značaj za pronalaženje rješenja za ključne izazove kao što su izgradnja podatkovnog ekosistema i promocije pristupa, razmjene i protoka podataka uz zaštitu prava ljudi na privatnost (cf.crtež 1).

Crtež 1: Robot pri održavanju putne infrastrukture



Uočljivo je da mnoge neevropske firme i subjekti iz trećih država sve više koriste prediktivne modele zasnovane na umjetnoj inteligenciji za pružanje usluga i dobivanje dodane vrijednosti na tržištima EU-a, posebno na lokalnom nivou, te za praćenje i potencijalni utjecaj na političko raspoloženje, što može ugroziti tehnološki suverenitet građana EU-a. Javna podrška umjetnoj inteligenciji bi trebala biti usmjerena na one strateške sektore u kojima industrija EU-a ima najveći potencijal za preuzimanje vodeće uloge na globalnom nivou, koji pruža dodanu vrijednost u opštem javnom interesu.

3.4. Prioritetni sektori

Pod prioritetne sektore Rezolucije EU su opredijeljeni: **1) Javni sektor, 2) Zdravstvo, 3) Energija, 4) Promet, 5) Poljoprivreda i prehrambeni lanac, 6) Kibernetička sigurnost, 7) Mala i srednja privredna društva, 8) Pravni okvir za umjetnu inteligenciju i robotiku, 9) Odgovornost, 10) Pravo intelektualnog vlasništva i sl.**

1) **Javni sektor**: Rezolucijom se naglašava da umjetna inteligencija i robotika donose brojne koristi javnom sektoru, kao i veća ulaganja u istraživanje i razvoj kako bi se osigurao prosperitet. Države članice EU bi također trebale ulagati u programe obrazovanja i osposobljavanja za umjetnu inteligenciju, kako bi pomogle zaposlenicima u javnom sektoru da usvoje i koriste što više umjetnu inteligenciju i robotiku. Također su potrebne informativne kampanje usmjerene na građane koji će koristiti usluge javnog sektora, koje pružaju sistemi umjetne inteligencije i robotika, kako bi se ublažili njihovi strahovi od gubitka kontrole nad ličnim podacima i izgradilo povjerenje. Informacije javnog sektora su izvanredan izvor podataka koji može pomoći bržem napretku i oblikovanju nove strategije za korištenje novih digitalnih tehnologija, posebno umjetne inteligencije. Upotrebu pouzdane umjetne inteligencije u javnom sektoru može snažno podržati reforma javne uprave u donošenju odluka i poboljšanju javnih usluga te potaknuti širu upotrebu umjetne inteligencije u drugim industrijama.

Države članice bi trebale da predvode tu digitalnu transformaciju preuzimanjem uloge prvenstveno odgovornih korisnika i kupaca tehnologije umjetne inteligencije. Države članice bi morale, između ostalog, prilagoditi svoje podatkovne politike koje se odnose na prikupljanje i upotrebu javnih podataka, njihovu pohranu ili nadgradnju, kako bi se omogućila upotreba umjetne inteligencije u svim područjima javnog sektora. Javnost također mora sudjelovati u procesu razvoja umjetne inteligencije, a Rezolucija sama poziva Komisiju da sve javno finansirane algoritme, alate i tehnologiju učini otvorenom. U svemu ovome, vrlo je važno garantovati, da su građani zaštićeni od bilo kakvih sistema umjetne inteligencije u javnoj upravi za određivanje popisa prioriteta, sličnih onima za koje se očekuje da će biti uvedeni u Kini.

2) **Zdravstvo**: Umjetna inteligencija i robotika donose potencijalne koristi sektoru zdravstva kako se životni vijek produžava, na primjer pomažući ljekarima i medicinskim sestrama da imaju više vremena za važnije aktivnosti (npr. interakciju s pacijentima). Vrlo je važan utjecaj koji ima umjetna inteligencija na dobrobit, prevenciju, dijagnozu i istraživanje te njen veliki potencijal pri oblikovanju pojedinačne zaštite. Sve to će u konačnici dovesti do boljeg i održivog te učinkovitijeg zdravstvenog ekosistema, koji se zasniva na rezultatima.

Stepen grešaka je značajno niži kada se umjetna inteligencija koristi zajedno s ljudskom dijagnozom, nego kada dijagnozu postavljaju sami ljekari. Međutim, korištenje podataka u zdravstvenom sektoru moralo bi se pažljivije i etički nadzirati, te ni na koji način ne bi smjelo ometati pristup socijalnoj sigurnosti ili osiguranju. U tom pogledu bi npr. nosilac medicinskog implantata koji koristi umjetnu inteligenciju trebao imati pravo na pregled i izmjenu izvornog koda implantata. Posebnu pozornost treba posvetiti korištenju velikih podataka u zdravstvu, nastojeći maksimalno iskoristiti mogućnosti koje oni mogu donijeti, poput poboljšanja zdravlja pojedinačnih pacijenata i učinkovitosti sistema javnog zdravstva država članica, bez smanjenja etičkih standarda ili ugrožavanja privatnosti ili sigurnosti građana.

Kako trenutni sistem odobravanja medicinskih uređaja možda nije prikladan za tehnologije umjetne inteligencije, poziva se Komisija da pažljivo prati napredak tih tehnologija i da, ako je moguće, predloži izmjene regulatornog okvira kako bi se uspostavio okvir za definiranje odgovornosti korisnika (ljekar/zdravstveni radnik), odgovornosti proizvođača o tehnološkom rješenju i zdravstvenoj ustanovi koja provodi liječenje. Stoga se naglašava, da je potrebno osigurati da korisnici ne podržavaju nekritički dijagnostičko rješenje ili liječenje koje predlaže tehnološki instrument samo iz straha od tužbe, ako dođu do barem malo drugačijih zaključaka na temelju svoje stručne procjene. Države članice i Komisija treba da povećaju finansiranje tehnologija umjetne inteligencije povezanih sa zdravljem u javnom i privatnom sektoru. Komisija treba da radi na strategijama i politikama koje će EU omogućiti da preuzme vodeću ulogu u svijetu, u sve većem području medicinske tehnologije, istovremeno osiguravajući da pacijenti imaju pristup besprijekornoj i učinkovitoj zdravstvenoj zaštiti.

Bolja dijagnostika bi sigurno mogla spasiti milione života budući da je, prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije 89 % preuranjenih smrti uzrokovano nezaraznim bolestima. Veliki je doprinos umjetne inteligencije i robotike inovativnim preventivnim, kliničkim i rehabilitacijskim praksama i tehnologijama u zdravstvenom sektoru, s posebnim naglaskom na prednosti koje imaju pacijenti s invaliditetom. Povećana upotreba senzora u robotici proširila je područje njege, i omogućava pacijentima da dobiju bolju stručnu njegu i usluge, te primaju njegu kod kuće, uz generiranje relevantnijih podataka. Prema istraživanju Eurobarometra 9., iz juna 2017., građani EU-a još uvijek osjećaju nezadovoljstvo, zbog ideje da se roboti počnu koristiti u svakodnevnoj zdravstvenoj zaštiti. Komisija i države članice bi morale da razviju strategije i komunikacijske kampanje za podizanje svijesti o prednostima svakodnevne upotrebe robota, kao što je to strategija i ambicija japanske robotike.

3) **Energija:** Umjetna inteligencija omogućava dobavljačima energije prijelaz s preventivnog na prediktivno održavanje kapaciteta i postizanje učinkovitije proizvodnje energije poboljšanjem pouzdanosti, posebno za obnovljive izvore energije, i utvrđivanjem najučinkovitijih lokacija za nova postrojenja, čime se osigurava bolje upravljanje potražnjom. Tačniji podaci će o potencijalu proizvodnje obnovljive energije dobiveni uz pomoć umjetne inteligencije pružiti veću sigurnost ulaganja za firme i pojedince, što će ubrzati energetski prijelaz na obnovljive izvore energije i pomoći dugoročnoj strategiji Unije za klimatske promjene, tzv. neutralnoj ekonomiji. Tako se rješenja koja uključuju senzore već koriste za upravljanje potrošnjom energije u domovima te su tako omogućila značajne uštede energije i novca.

Također je značajan i potencijal umjetne inteligencije u modeliranju, prepoznavanju i ublažavanju utjecaja ljudske aktivnosti na klimu, iako veća digitalizacija donosi i nove

energetske potrebe, ona može povećati učinkovitost energetski intenzivnih sektora i omogućiti bolje razumijevanje procesa, čime se poboljšava njihova efektivnost i efikasnost. Povećanom digitalizacijom energetskog sektora energetske mreže postaju sve veće i izloženije kibernetičkim prijetnjama, te se pozivaju države članice i Komisija da digitalnu transformaciju u energetskim sektorima prate mjerama poput umjetne inteligencije koje poboljšavaju kibernetičku sigurnost.

4) **Promet:** Obzirom da umjetna inteligencija i robotika mogu uveliko poboljšati naše saobraćajne sisteme uvođenjem autonomnih vlakova i motornih vozila potrebno je više istraživanja i ulaganja u ovo područje, kako bi se osigurao njihov siguran i učinkovit razvoj, budući da na tom području postoje velike mogućnosti za veće tehnološke firme ali i mala i srednja preduzeća. Smanjenjem nivoa ljudske greške u prometnom sektoru sistem može postati učinkovitiji - s manje nesreća zbog jasnijih procjena i mogućnosti predviđanja koje tehnologija ima, manje kašnjenja jer sistem može bilježiti prometne obrasce i pružati usluge prema voznim redovima, te veće uštede, jer ima manje grešaka vezanih uz vozače, te zbog pojednostavljenih internih procedura. Međutim zbog širenja autonomnih vozila u budućnosti pojavit će se rizici zaštite podataka i tehničke greške, a odgovornost će se prenijeti s vozača na proizvođača, zbog čega će osiguravajuća društva morati promijeniti način upravljanja rizikom, uključeno u osiguranje. Budući da će se govorna komunikacija sve više koristiti za interakciju s vozilima i prometnim sistemima, ali da su ti elementi dostupni samo za nekolicinu evropskih jezika, potrebno je osigurati da ih svi Evropljani mogu koristiti na svom maternjem jeziku (cf. fotografija 1).

Fotografija 1: Roboti u logistici RTC

5) **Poljoprivreda i prehrambeni lanac**: Umjetna inteligencija bi mogla također potaknuti radikalnu transformaciju trenutnog prehrambenog sistema u nekoliko različit, otporniji, regionalno prilagođen i zdraviji model za budućnost. Umjetna inteligencija bi mogla igrati u rješavanju pitanja sigurnosti hrane, predviđanju gladi i izbijanja bolesti koje se prenose hranom, smanjenju gubitka hrane i rasipanja hrane te poboljšanju održivog upravljanja zemljom/tlom, vodom i drugim bitnim ekološkim resursima za zdravlje ekosistema. Također, umjetna inteligencija može intervenirati na kritičnim tačkama u lancu vrijednosti u prehrambenom sistemu od proizvodnje do potrošnje, i ojačati sposobnosti da iz temelja promijenimo način na koji se hrana proizvodi, prerađuje i kupuje boljim informiranjem o praksama prostornog planiranja.

Ona ujedno može poboljšati upravljanje resursima i efikasno korištenje proizvodnih sredstava, pomoći u smanjenju otpada nakon žetve i utjecati na izbor potrošača. Naravno na taj način umjetna inteligencija u obliku precizne poljoprivrede može omogućiti temeljitu transformaciju poljoprivredne proizvodnje, kao i šire upravljanje zemljištem, i to kroz bolje planiranje korištenja zemljišta, predviđanje promjena u njihovom korištenju i praćenje zdravlja usjeva, te istovremeno ima potencijal za promjenu predviđanja fenomena ekstremnih vremenskih događaja. Prema određenim analizama umjetna inteligencija može iz temelja promijeniti snadbijevanje sirovinama, kontrolu štetočina i upravljanje farmama, utjecati na metode uzgoja, promijeniti način na koji se osiguravaju proizvodi te pomoći u predviđanju i sprječavanju gladi i teških izbijanja akutne pothranjenosti. Uz pomoć umjetne inteligencije moguće bi bilo poboljšati donošenje odluka u upravljanju poljoprivrednim sistemima i potaknuti razvoj sistema za podršku u odlučivanju i preporukama, dok se istovremeno poboljšava učinkovitost i zdravlje poljoprivrednih lokaliteta.

6) **Kibernetička sigurnost**: Ona je vrlo važan aspekt umjetne inteligencije, posebno s obzirom na izazove transparentnosti u umjetnoj inteligenciji na visokom nivou. Vjeruje se da bi tehnološki aspekt, uključujući reviziju izvornog koda, te zahtjevi transparentnosti i odgovornosti trebali dopuniti institucionalni pristup koji se bavi izazovima uvođenja umjetne inteligencije razvijene u drugim državama na jedinstveno tržište EU-a. EK se zalaže za bržu provedbu Uredbe o kibernetičkoj sigurnosti te napominje da bi se razvojem sistema certificiranja EU-a trebao osigurati otporniji razvoj i uvođenje sigurne umjetne inteligencije i robotskih sistema. Umjetna inteligencija svako može biti i kibernetička prijetnja, ali i alat za borbu protiv kibernetičkih napada, te se smatra da bi Agencija EU-a za mrežnu i informacijsku sigurnost (ENISA), trebala pripremiti akcijski plan o kibernetičkoj sigurnosti u području umjetne inteligencije, u kojem bi trebala procijeniti i riješiti prijetnje i slabosti specifične za umjetnu inteligenciju. U Rezoluciji se naglašava važnost jačanja industrijske baze kao strateškog elementa za siguran razvoj umjetne inteligencije. U tom pogledu bi Evropa morala ulagati u svoju tehnološku neovisnost, kako bi osigurala ambiciozan nivo kibernetičke sigurnosti, zaštite podataka i pouzdanih ICT usluga.

Pored navedenog je vrlo važno da EU što prije razvije vlastitu infrastrukturu, podatkovne centre, sisteme u tzv. oblaku i komponente kao što su grafički procesori i čipovi. Zbog razvoja umjetne inteligencije i sve sofisticiranijih metoda hakera hitno je potrebno pristupiti određivanju efikasnih rješenja za kibernetičku sigurnost. Primjena rješenja umjetne inteligencije u području kibernetičke sigurnosti će sigurno omogućiti predviđanje, prevenciju i ublažavanje brojnih kibernetičkih prijetnji koje se najavljuju. Stoga se poziva Komisija da istraži upotrebu kiber/sigurnosnih aplikacija koje se zasnivaju na blockchainu i koje poboljšavaju otpornost, povjerenje i robusnost infrastrukture umjetne inteligencije posrednim modelima šifriranja podataka, kao i to, da se razmotri mogućnost nagrađivanja građana vaučerima za njihove podatke i najave.

7) **Mala i srednja privredna društva (MSP):** EU posebno podržava nicijativu Komisije za uspostavu platforme umjetne inteligencije, koja će promovirati prijenos tehnologije i rast novoosnovanih malih i srednjih privrednih društava, te poziva Komisiju da promovira središta digitalnih inovacija, koja ne dovode do stvaranja dodatnih administrativnih slojeva, već su usmjerena na ubrzavanje ulaganja u projekte koji su se pokazali efikasnim. Trošak ulaganja u umjetnu inteligenciju stvara velike prepreke ulasku malim i srednjim privrednim društvima, kao bi široko rasprostranjeno

prihvatanje umjetne inteligencije od strane potrošača smanjilo rizik za ta njihova ulaganja. Umjetna inteligencija kao takva može biti pokretač razvoja malih i srednjih privrednih društava jer povećava utjecaj velikih početnika i razvojnih programera.

8) **Pravni okvir za umjetnu inteligenciju i robotiku**: EU u cilju promoviranja zakonodavnog okruženja pogodnog za razvoj umjetne inteligencije i u skladu s principima bolje regulative, redovno ocjenjuje postojeće zakonodavstvo kako bi osigurala njegovu primjerenost u pogledu umjetne inteligencije, uzimajući u obzir osnovne vrijednosti EU-a. Također, EU podržava stvaranje participativnih platformi zasnovanih na umjetnoj inteligenciji koje građanima omogućavaju da se njihov glas čuje i da se obrate vladama sa svojim prijedlozima, uključujući kroz participativno planiranje proračuna i druge instrumente direktne demokratije ali i naglašava, da projekti odozdo prema gore mogu promovisati učešće građana te pomoći ljudima da donose informirane odluke na prihvatljiv i ekonomičan način. Koncept umjetne inteligencije kao takav pokriva širok raspon proizvoda i aplikacija, od automatizacije, algoritama i uske umjetne inteligencije do opće umjetne inteligencije te se vjeruje da bi sveobuhvatnom zakonu ili uredbi o umjetnoj inteligenciji trebalo pristupiti s oprezom jer sektorska regulativa može pružiti dovoljno opće politike, koja je u isto vrijeme dovoljno pročišćena da ima smisla za industrijski sektor. Stoga, okvir politike mora biti osmišljen tako, da potiče razvoj svih vrsta umjetne inteligencije, a ne samo sistema dubinskog učenja, koji zahtijevaju ogromne količine podataka.

9) **Odgovornost:** EU navedenom Rezolucijom podržava Komisiju da uspostavi Stručni tim za odgovornost i nove tehnologije kako bi EU-u pružila stručno znanje o primjeni Direktive o odgovornosti za proizvode, na tradicionalne proizvode, nove tehnologije i nove društvene izazove (izradu Direktive o odgovornosti za proizvode), te pomogli u razvoju principa koji bi mogli poslužiti kao smjernice za moguću harmonizaciju postojećih zakona na EU i nacionalnom nivou u odnosu na nove tehnologije (projektovanje novih tehnologija). Međutim, otežavajuće je to što tokom ovog zakonodavnog perioda nisu podneseni ni kakvi zakonodavni prijedlozi, što je dovelo do kašnjenja u ažuriranju pravila EU-a o odgovornosti i dijelom ugrozilo pravnu sigurnost EU-a u ovom području za trgovce i potrošače. U tom pogledu bi eksperti umjetne inteligencije ili firme koje ih zapošljavaju trebale biti smatrane odgovornima za posljedice koje sistemi umjetne inteligencije ili robotika mogu imati po društvo, okolinu i ljudsko zdravlje sadašnjih i budućih generacija.

10) **Pravo intelektualnog vlasništva**: EU želi podsjetiti da ne postoje zakonske odredbe posebno primjenjive na robotiku, ali da se postojeći pravni dogovori i doktrine mogu primjenjivati na ovo područje, iako se čini da je potrebno riješiti neke aspekte odvojeno, te traži da Komisija podrži horizontalni i tehnološki neutralni pristup intelektualnom vlasništvu, u različitim sektorima u kojima bi se robotika mogla koristiti. Također, podržava Komisiju u smjernicama o određenim aspektima Direktive 2004/48/EZ Evropskog parlamenta i Vijeća o provedbi prava intelektualnog vlasništva (17) (COM(2017)0708), te naglašava potrebu za praćenjem prikladnosti i efikasnosti pravila o pravima intelektualnog vlasništva za reguliranje razvoja umjetne inteligencije.

4. ZAKLJUČAK

Imajući u vidu sve izneseno može se zaključiti da umjetna inteligencija ima velike šanse i koristi u globalnoj ekonomiji kroz automatizaciju i donošenje odluka, međutim, ona također donosi brojne rizike u područjima nedovoljne opće razvijenosti, kao i tamo gdje su algoritmi statični i nevidljivi. Stoga bi države članice i tijela za zaštitu podataka trebali da otkriju i daju sve od sebe kako bi smanjili diskriminaciju i pristranost u neophodnim algoritmima, te da osmisle čvrst zajednički etički okvir za transparentnu obradu svih podataka i automatizirano donošenje brojnih i kontinuiranih odluka Unije. Svi sistemi umjetne inteligencije bi se morali razvijati poštujući načela transparentnosti i algoritamske odgovornosti, što bi ljudima omogućilo razumijevanje njenih postupaka i poteza. Da bi se izgradilo povjerenje i ostvarili efekti na području umjetne inteligencije, korisnici moraju znati kako i na koji način se njihovi podaci i podaci izvedeni iz njih koriste kada su u interakciji ili kontaktu sa sistemom umjetne inteligencije ili čovjekom koji se oslanja na umjetnu inteligenciju. Naravno, uprkos svim željama bržeg razvoja umjetne intelegencije Komisija, Evropski odbor za zaštitu podataka, nacionalna tijela za zaštitu podataka i druga nezavisna nadzorna tijela u budućnosti bi trebali igrati ključnu ulogu u promociji transparentnosti i pravilnog pravnog postupka, pravne sigurnosti, konkretnih standarda koji će zaštititi osnovna prava i garancije vezane uz korištenje obrade podataka i analitike tih podataka.

Također, sistemi umjetne inteligencije bi trebali biti daleko više razumljivi ljudima u svakodnevnom prometu te bi im trebali pružati jasne informacije, bez kojih sve skupa neće imati i dati očekivani rezultat. Svakako treba istaći, da su građani u značajnoj mjeri i zabrinuti, zbog toga što ne znaju kada se upotrebljava umjetna inteligencija te u koje će se svrhe i na koji način koristiti određeni njihovi podaci. Kada je u pitanju računarski kod, smatra se da on ne bi riješio ovaj problem jer isti ne bi otkrio pristrasnost, niti učenje strojnog koda, a transparetnost ne bi značila samo transparentost koda, već i podatak automatskog donošenja odluka te bi njegovo otkrivanje moglo dovesti do nepravilne upotrebe i manipulacije algoritmima. Stoga bi razvoj umjetne inteligencije posebno u svakodnevnom prometu trebao promovirati interoperabilnost brojnih prometnih modela kao i njihovu interakciju s ulaznim i izlaznim podacima, nudeći sigurne i očekivane rezultate.

Izvori:

1. https://eur-lex.europa.eu/legal-content
2. https://www.europarl.europa.eu/news/sl/headlines/society/20200827STO85804/
3. Direktiva (EU) 2018/958 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 28. junija 2018 o preskusu sorazmernosti pred sprejetjem nove regulacije poklicev (UL L 173, 9.7.2018, str. 25).
4. Direktiva 2013/55/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 20. novembra 2013 o spremembi Direktive 2005/36/ES o priznavanju poklicnih kvalifikacij in Uredbe (EU) št. 1024/2012 o upravnem sodelovanju prek informacijskega sistema za notranji trg (uredba IMI) (UL L 354, 28.12.2013, str. 132).
5. Direktiva 2006/123/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 12. decembra 2006 o storitvah na notranjem trgu (UL L 376, 27.12.2006, str. 36).
6. Direktiva 2000/31/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 8. junija 2000 o nekaterih pravnih vidikih storitev informacijske družbe, zlasti elektronskega poslovanja na notranjem trgu (Direktiva o elektronskem poslovanju.
7. Uredba (EU) 2016/679 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 27. aprila 2016 o varstvu posameznikov pri obdelavi osebnih podatkov in o prostem pretoku takih podatkov ter o razveljavitvi Direktive 95/46/ES (UL L 119, 4.5.2016, str. 1).
8. Robot: Oxford Dictionaries, Oxford University Press. Dostupno na: https://en.oxforddictionaries.com/definition/robot, 22. 3. 2018.
9. Tako i Gless, S; Silverman, E.: Weigend, T., If Robots Cause Harm, Who Is to Blame? Self-Driving Cars and Criminal Liability, New Criminal Law Review, vol. 19, br. 3, 2016., str. 422.
10. Vuletić, I.: Primjenjivost tradicionalnih kaznenopravnih koncepata na računalni kriminal, Zbornik Pravnog fakulteta u Zagrebu, vol. 64, br. 5-6, 2014.

Mladen Dobrić[1]
Filip Dobrić[2]

Pregledni rad
UDK 629.113.066:004.54

PERSPEKTIVA RAZVOJA AUTOMOBILA NA ELEKTRIČNI POGON

Siže
U XXI veku u Svetu ponovo dolazi do razvoja i proizvodnje automobila sa elektrčnim pogonom. Razvoj automobila koji se pokreću isključivo električnom energijom je praćen i porođajnim mukama. U stručnim časopisima i štampi mogu se pronaći komentari koji ilustruju neke od problema kod razvoja i uvođenja u serijsku proizvodnju elektro automobila. Glavna prednost atomobila na elektrčni pogon u odnosu na one koji koriste fosilna goriva su manje zagađenja okoline. Najveći nedostaci su im visoka cena baterija i automobila, način dobijanja električne energije, akcioni radijus i mreža stanica za dopunjavanje baterija.

Ključne reči: automobil, elektični pogon, razvoj, zagađenje okoline, baterije

Abstract
XXI century reintroduces the development of electric auto-mobiles. Development of cars driven solely on electric power has been characterised as hard to labour. In professional magazines and papers comments emerge illustrating some of many problems regarding developing and enabling a serial production of this types of auto-mobiles. Main advantage in favour of e-cars, regarding the existing fossil fuel driven ones, is less environmental pollution. Key setback, on the other hand, would be high production cost regarding the production of batteries and vehicles themselves, electrical energy sources, action radius, as well as the need of a wide-spawning recharging points of access.

Key words: Automobile, electric drive, development, environmental pollution, batteries.

1. UVOD

Električni automobil se pokreće elektromotorom koristeći električnu energiju iz akumulatorau, ili iz drugih izvora. Električni automobili su bili popularni krajem 19. i početkom 20. veka, dok su unapređenja motora sa unutrašnjim sagorevanjem i masovna proizvodnja jeftinijeg vozila na benzin doveli do smanjenja korišćenja električnih automobila Energetske krize dovode do povećanog interesovanja za korišćenje i proizvodnju električnih automobila. Jače interesovanje za proizvodnjom električnih automobila, javlja se početkom XXI veka. Razvoj i interesovanje za električne automobile je iniciralo povećanja cena nafte i želja za smanjenjem toksičnosti emisije izduvnih gasova motora SUS. Modeli serijske proizvodnje, dostupni u nekim zemljama, su Tesla Roadster, REVA , Buddy i-MiEV, Mitsubishi i-MiEV, Nissan Leaf, Smart ED i Wheego.

Krajem XIX i početkom XX veka bili su popularni električni automobili. Ovo razdoblje za električne automobile nastupilo je zbog toga što su električni automobili bili jednostavnosti za eksploataciju u nego oni sa motorom SUS. Električni automobili su korišćeni kao taksi vozila u Njujorku. Smanjenje vibracija, buke i neugodnih mirisa, te

[1] Evropski univerzitet Kallos, Tehnički fakultet, Tuzla
[2] Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad

promene stepena prenosa dalo im je značajnu prednost. Promene koje su usledile u razvoju automobila sa unutrašnjim sagorevanjem uskoro su dovele navedene prednosti električnog automobila u ozbiljnu krizu te su one postale zanemarive. Razvoj automobila sa unutrašnjim sagorevanjem doveo je do smanjenja prodaje električnih automobila. Za inicijalno pokretanje cilindara koristi se električni motor, kraća popuna pogonskim energentom, veći akcioni radijus, te masovna proizvodnja potiskuju električni automobil.

2. POREĐENJE SA VOZILIMA SA MOTOROM SUS

Važan cilj za električna vozila je prevladavanje razlika između troškova razvoja, proizvodnje i eksploatacije, u poređenju sa vozilima koje pokreće motor SUS. Motori automobila sa unutrašnjim sagorevanjem za pokretanje koriste smešu vazduha i naftnih derivata (dizel ili benzin). Električni automobili za pokretanje koriste električnu energiju. Električna energija se čuva u bateriji, koja je veoma skupa, pa je cena električnog i hibridnog automobila viša u odnosu na automobil sa motorom SUS.

Jedna od prednosti električnih automobila nad konvencionalnim automobilima je smanjenje zagađenja vazduha. Električni se automobili pogone električnom energijom. Ako se ona dobija iz obnovljivih izvora minimalno je zagađenje okoline. Stepen iskorišćenja pogonskog goriva za električni automobil je oko 80% dok je za motore SUS oko 20%. Cene baterija počinju da padaju, te bi se mogao očekivati razvoj proizvodnje i eksploatacije električnih automobila.

3. CENA

Automobili na električni pogon su skuplji od automobila koje pogoni motorom SUS. Glavni razlog je visoka cena automobilskih baterija. Čini se da kupci automobila nisu voljni da plate više za električni automobil. To sprečava masovni prelaz sa benziskih na električne automobile. Istraživanje koje je sproveo Nilsen za Fajnenšelan tajms pokazalo je da 65 posto Amerikanaca i 76 posto Britanaca ne želi da plati mnogo više od cene benzinskog automobila, za električni automobil. Takođe, izveštaj agencije JD Power and Associates tvrdi da oko 50 posto američkih kupaca automobila čak nije spremno da potroši više od 5.000 USD iznad cene benziskih automobila, bez obzira na njihovu zabrinutost za okolinu. Inicijalna cena električnog automobila značajno je veća od cene konvencionalnog automobila čak i nakon uzimanja u obzir subvencije države zbog korišćenja električnog automobila koje su dostupne u nekoliko zemalja. Primarni razlog visoke cene automobila su cene baterija. Istraživanje Američke agencije za energetsku efikasnost u 2013. godini pokazalo je da se cene baterija smanjuju. Cena baterije u 2007. godini bila je 1,300 dolara po kWh, a već 2012. godine cena je pala na svega 300 dolara Američka agencija za energetiku najavljuje smanjenje cena baterija na 125 dolara. Smanjenje cene baterija može se postići napretkom u tehnologiji izrade baterija, što će povećati konkurentnost električnih i hibridnih vozila.

Akcioni radijus električnog automobila zavisi od kapaciteta baterije, a za automobile sa motorom SUS akcioni radijus zavisi od količine goriva u rezervoaru. Nestankom energenta za pokretanje rezervoar za gorivo automobila sa motorom SUS se ponovo brzo napuni što traje. Kod električnog automobila punjenje traje znatno duže. Električni automobil je isplativiji u gradskoj vožnji. DC Fast Charcing način punjenja za 30 minuta napuni 80% baterije. Jedno od mogućih rešenja kapaciteta baterije je njena jednostavna i brza zamena. Prvi put kupljena puna baterija se nakon pražnjenja ne puni već menja punom baterijom na benzinskoj pumpi. Pogodnost ovoga je povećanje akcionog radijusa.

Drugo moguće rešenje nudi proizvođač vozila BMW kroz svoj električni automobil i-3 koji ima mogućnost povećanja akcionog radijusa benzinskim motorom. U slučaju prazne baterije uključuje se benzinski motor koi radi kao agregat i puni bateriju. Električni automobili imaju teške baterije, a proizvođači automobila žele da automobile učine lakšim te da koriste materijale koji su veoma laki, i čvrsti kao npr. aluminijum i kompoziti ugljeničnih vlakana koji iziskuju mnogo energije za proizvodnju. Nedostatak je i to što sastavni delovi baterije električnog automobila imaju štetne posledice za okolinu. Sastavni delovi baterija litijum, nikal i bakar nalaze se u zemljinoj kori te je za njihovu eksploataciju i obradu potrebno koristiti mnogo energije,

4. ENERGETSKA DELOTVORNOST

Motori SUS su relativno nedelotvorni u pretvaranju energije goriva za pogon jer se većina energije troši u obliku toplote. Sa druge strane električni motori su delotvorniji u pretvaranju pohranjene energije u energiju potrebnu za vožnju. Vozila na električnu energiju ne troše energiju dok miruju, a deo energije izgubljene prilikom kočenja se ponovno koristi kroz regenerativno kočenje, koje koristi do jedne petine energije izgubljene tokom kočenja. Benzinski motori koriste samo 15% energetskog sadržaja goriva za kretanje vozila i napajanje dodatne opreme. Dizel motori koriste do 20%. Vozila na električni pogon koriste energiju goriva za pogon oko 80%.

5. UBRZANJE I KOČENJE

Električni motori imaju veliku snagu u odnosu prema masi. Mogu da koriste za svaki točak po jedan motor, što omogućava bolju raspodelu snage i stabilnost prilikom klizavog kolovoza. Postavljanje električnih motora koji su direktno vezani za točkove smanjuje broj pokretnih delova što još povećava iskoristivovost električnih motora (95%). Kočenje kod električnih automobila ima jednu veliku prednost. Protivstrujno kočenje je vrsta kočenja električnih motora kod koga mašina razvija motorski moment u jednu stranu, a vrti se u drugu stranu, što za posledicu ima – kočenje bez diranja papučice kočnice već samim dizanjem noge s papučice gasa. Konvencionalne kočnice se i dalje ugrađuju u električne automobila zbog sigurnosti. Drugi način kočenja je regeneracijsko kočenje koje se koristi u hibridnim automobilima, a prilikom kočenja dinama puni bateriju. Na ovaj način može se akumulirati i do 20% električne energije.

6. TROŠKOVI EKSPLOATACIJE I ODRŽAVANJA

Većina troškova eksploatacije i održavanja vozila na električni pogon vezana je za održavanje i zamenu akumulatora jer vozilo ima samo pet pokretnih delova u motoru. Električni automobili imaju skupe akumulatore koji se moraju menjati, a inače bi imali vrlo niske troškove održavanja, posebno u slučaju litijumskog modela. Akumulator u Teslinom Roadsteru ima životni vek sedam godina.

7. ZAGAĐENJE VAZDUHA OD AUTOMOBILA SA MOTOROM SUS I SA ELEKTRIČNIM MOTOROM

Za potrebe poređenja zagađenja vazduha sagorevanjem fosilnih goriva u konvencionalnim motorima i zagađenja od proizvodnje električne energije ekološki „prljavim" tehnologijama, korišćena je aplikacija Climobile App. Aplikacija je razvijena na luksemburškom Institutu za nauku i tehnologiju 2019. godine i koristi se za upoređivanje

emisije CO2 ekvivalenata koju stvara automobil koji se pogoni na fosilna goriva sa emisijom istih čestica koju stvara proizvodnja količine električne energije potrebne za pogon električnog automobila.[1] Aplikacija korisniku dozvoljava izbor modela automobila na fosilna goriva, i modela automobila na električni pogon, životni vek baterije električnog automobila, kao i način proizvodnje električne energije za električni automobil. Takođe, moguće je prilagoditi čitav set drugih relevantnih parametara. [1]

Za države Evropske Unije i SAD već je definisan način dobijanja električne energije, pa se može samo odabrati država u kojoj se baterija automobila puni, a za ostale države može se izabrati izvor dobijanja energije, i to: biomasa, ugalj, gas, geotermalni izvori, hidroenergija, nuklearna energija, nafta, solarni paneli ili vetrenjače. Mogućnost kombinovanja više različitih izvora energije nije data korisnicima.[1] Kao izlazni rezultat korisnik dobija na uvid podatke o prosečnom dometu električnog vozila, količini potrebne električne energije (kWh/km), emisiji gasova staklene bašte pri proizvodnji energije i u skladu sa prostornim razmeštajem stanica za punjenje automobila, i kao najvažnije podatke, količinu emitovanih CO_2 eq. čestica po kilometru od strane automobila na fosilna goriva i od strane elektrane pri proizvodnji električne energije za električni automobil.[1]

Za konvencionalne automobile dati su podaci prema NEDC (New European Driving Cycle), što predstavlja teorijsku vrednost, ali i podaci o realnoj emisiji, što su uglavnom nešto veće vrednosti, a dobijene su na osnovu proračuna ICCT (International Council on Clean Transportation). Svaka od vrsta merenja izduvnih gasova ima prednosti i mane i može se primeniti u različite svrhe. Laboratorijska ispitivanja podrazumevaju testiranje vozila pomoću dinamometra Dinamometri simuliraju uslove rada u skladu sa unapred definisanim ciklusom testiranja (stabilno stanje i prolazni ciklusi). Sve vrednosti emisija koje aplikacija. prikazuje jesu vrednosti koje vozilo emituje za čitav svoj životni vek. Cilj je uporediti što sličnije modele automobila, sa akcentom na zagađenje koje emituje motor SUS i zagađenjem koje se emituje pri proizvodnji električne energije za automobile. Važno je kako se dobija električna energija za pogon električnih automobila. Poreklo električne energije proizvedene u Nemačkoj 2019. godine je sledeće: 47.3% električne energije iz obnovljivih izvora, 39.6% od uglja i zemnog gasa, 13.1% od nuklearnih elektrana. NEDC vrednosti oslikavaju laboratorijske uslove, a realne vrednosti su blže stvarnim vrednostima emisija.

Rezultati poređenja emisija u posmatranim primerima su različiti. Kod modela Reno Fluence, ubedljivo manje zagađujućih materija emituje električna verzija automobila, a slično je i sa Volksvagen Up i KIA Soul modelima. Kada su u pitanju automobili vise klase, Mercedes C AMG u poredjenju sa Tesla Modelom S, gotovo dvostruko manje emisija ima upotreba električnog automobila [1].

Međutim, kod poređenja benzinca Tojote Aygo i Renoa ZOE, emisije su približno jednake – Tojota u laboratorijskim uslovima emituje tek 3 grama CO2 čestica više po pređenom kilometru. Zaključuje se da električni automobili posmatrani u konkretnim primerima emituju manje zagađujućih čestica, na modelu proizvodnje električne energije u Nemačkoj. Za poređenje korišćeni su modeli Škoda Citigo 1.0 proizveden 2017. sa motorom SUS, i Škoda CITIGO e iV proizveden 2020. godine koji je električni model. Životni vek je podešen na 240.000 kilometara. Uzeti su slični modeli novije proizvodnje kako bi se što bolje uporedile emisije ovih modela na primerima različitih zemalja Evrope i Severne Amerike. Za svaku od država navedeno je koji procenat električne energije proizvodi iz neobnovljivih izvora. [1] U Tabeli 1 Prikazana je uporedna analiza emisija automobila na električnu energiju u različitim državama

Tabela 1 *Uporedna analiza emisija automobila na električnu energiju u različitim državama*

Država	% El. Energije iz neobnovljiv ih izvora	Emisija pri proiz. energije i distrib.	Emisija po km - E
Norveška	3% (2019.)	5.01g CO2/km	38 g CO2/km
Nemačka	40% (2019.)	99.3g CO2/km	137 g CO2/km
Slovenija	32% (2019.)	51.8g CO2/km	87.3 g CO2/km
Ujedinjeno Kraljevstvo	79% (2019.)	101g CO2/km	139 g CO2/km
Srbija	68% (2019.)	94g CO2/km	131 g CO2/km
Vermont	10% (2018.)	4.84g CO2/km	37.8 g CO2/km
Vajoming	87% (2019.)	150g CO2/km	190 g CO2/km

(Izvor: Ivković N., Analiza uticaja električnih vozila na životnu sredinu, Put i saobraćaj, Beograd, 2022.) [1]

Rezultati jasno pokazuju da države koje proizvode više električne energije iz neobnovljivih izvora imaju manje potencijalne koristi od primene električnih automobila. Države su odabrane tako da reprezentuju različite elektroenergetske sisteme, od Norveške koja koristi gotovo isključivo obnovljive izvore, do Vajominga koji 87% električne enrgije dobija iz neobnovljivih izvora. Srazmerno udelu neobnovljivih izvora dobijeni su rezultati emisije gasova staklene bašte.[1] Modernizacija i porast broja saobraćajnih sredstava povećava negativan uticaj na životnu sredinu. Svi vidovi saobraćaja imaju potrebu za pogonskom energijom. pa samim tim imaju i različit uticaj na životnu sredinu i zdravlje ljudi. Negativni efekti tiču se bezbednosti saobraćaja, aerozagađenja, buke i slično.[3]

8. PROBLEMI U EKSPLOATACIJI ELEKTRIČNIH AUTOMOBILA

Sa padom spoljnje temperature vazduha, kapacitet baterije pada do 30%, a sa tim i akcioni radijus električnog automobila. Reno Megan E-Tech imao je odstupanje od 32% "Vlasnik potpuno novog Tesle u SAD bio je prilično iznenađen kada mu je tokom vožnje otpao volan." (Dnevni Avaz, 01.02.2023.).[5] "Iako se često piše o požarima na električnim automobilima, to ne znači da će se oni češće zapaliti od dizelaša ili benzinaca. Jednostavno, radi se o tome da ih je sve više na putevima, a i metode gašenja požara su drugačije." [2] (021 informativni portal 06.07.2022.)

"Vatrogasci iz američkog Sakramenta nedavno su pozvani na prvo gašenje vatre na električnom automobilu. U plamenu je bio Tesla Model S, ali ne na putu, u garaži ili na punjaču, već na auto-otpadu. Prema komentarima vatrogasaca, automobil se nekoliko puta ponovo zapalio tokom pokušaja gašenja požara. Vatrogasci su zatim iskopali jamu, u nju stavili Model S i napunili jamu vodom, čime su požar na kraju stavili pod kontrolu" [2]. (021 informativni portal 06.07.2022.) [2]

"Tesline nove fabrike u Nemačkoj i Teksasu gube milijarde dolara, rekao je izvršni direktor kompanije Ilon Mask, istakavši visoke troškove, skromnu proizvodnju i probleme u lancu

nabavke” [2] (021 informativni portal 06.07.2022.). Na Slici 1 prikazan je električni automobil TESLA. Na Slici 2 prikazani su električni automobili priključeni na punjače električne energije.

Slika 1 *Elekrtični automobil TESLA*
(Dnevni avaz, 01.02.2023.) [5]

Slika 2 *Elekrtični automobili na punjačima*[1]

Nedostatak predstavljaju visoke temperature funkcionisanja, koje mogu imati negativan uticaj na njihove energetske performanse i životni ciklus. Potencijalne opasnosti u upotrebi litijum jonske baterije koje mogu ugroziti bezbedan rad baterije i dovesti do povećanja temperature, a koja kulminira eksplozijom i požarom predstavlja najveću opasnost u ekspolataciji iste za izvor napajanja na električnim vozilima. Rastuće tržište električnih vozila će neizbežno dovesti do toga da veliki broj baterija za EV dospe u fazu "kraja života" tj. isteka upotrebnog resursa.

Nedostatak sirovina, očuvanje životne okoline i porast baterija kojima je istekao vek upotrebe postavlja potrebu izrade planova i procesa rastavljanja kako bi osigurali održivi sistem upravljanja reciklažom, uz ispunjavanje regulatornih propisa, pre svega onih koji se odnose na zaštitu životne srdine. U prošlosti, iz ekonomskih razloga, reciklaža kobalta, nikla i bakra je bila glavni fokus procesa reciklaže LiB. Međutim, budući nedostatak litijuma koji se predviđa u narednih 100 godina, ako se ne sprovedu procesi reciklaže koji mogu da povrate 90% iskorišćenog litijuma iz baterija koje se nalaze na upotrebi i smanji nedostatak litijuma. LiB su visoko standardizovane u pogledu dimenzija i klasa performansi, što obezbeđuje visoku pouzdanost planiranja mera, radnji i postupaka procesa reciklaže uz izradu sveobuhvatne strategije na nivou zemlje, čime može da se nadomesti visoka potražnja za litijumom .[4]

[4] *(Izvor: LITIJUM-JONSKE BATERIJE KAO POGON ELEKTRIČNIH VOZILA Milan Stojković1 Milutin Dumić2 , MO RS Vladan Veljanović3 , VS RS Svetlana Zeljić4 , VS RS , DOBRA PRAKSA U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU ITRANSPORTU, Prvi naučno stručni skup, Beograd, 11 – 12. maj 2022.)*

9. ZAKLJUČAK

Novi zamah u razvoju i proizvodnji električnih automobila u Svetu dobio je ponovo na značaju u XXI veku. Pre toga električni automobili pojavili su se krajem XIX i početkom XX veka i bili su u značajnoj prednosti u odnosu na one sa motorima sa spoljašnjim i unutrašnjim sagorevanjem. Dalji razvoj automobilske industrije usavršio je automobile sa motorom SUS i oni su potpuno potisnuli iz eksploatacije električne automobile. Zbog problema koji se javljaju u proizvodnji i eksploataciji električnih automobila realnija i održivija opcija je proizvodnja i eksploatacija blagih hibrida. Potpuno potiskivanje iz upotrebe vozila sa motorom SUS ide prilično sporo i teško. Nejasno je kada će i da li će uopšte doći do toga.
Hibridna vozila kombinuju prednosti električnih vozila i vozila koje pokreće isključivo motor SUS. Prilikom eksploatacije manje zagađuju okolinu, zbog smanjenja emisije izduvnih gasova, a posebno su pogodna za urbane sredine zbog ograničenja brzine kretanja u naseljenom mestu na 50 km/h. Za kretanje brzinom do 55 km/h hibridna vozila za pogon koriste električnu energiju. Baterija za hibridna vozila je znatno jeftinija u odnosu na bateriju za električna vozila, a cena hibridnog vozila je malo veća u odnosu na cenu vozila sa koja za pogon koriste isključivo motor SUS.
Potpun prekid proizvodnje vozila sa SUS motorom u nekim zemljama Evrope predviđen je za 2030. godinu, a prekid proizvodnje blagih hibridnih vozila za 2035. godinu.
Mišljenja smo da se predviđeni rokovi pomerati zbog smanjene proizvodnje litijuma kao i smanjenja rezervi rude koja u sebi sadrži litijum. Takođe, treba napomenuti i postupak dolaženja do litijuma kao komplikovan posebno zbog mera koje se odnose na zaštitu životne sredine u procesu vađenja i prerade rude.
Impuls proizvodnji i razvoju elekktričnih vozila mogao bi biti pronalazak pogodnijih i jeftinijih metala od litijuma za baterije električnih automobil te porast udela proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora.

IZVORI

[1] Ivković N., Analiza uticaja električnih vozila na životnu sredinu, Put i saobraćaj, Beograd, 2022.

[2] 021 informativni web portal (datum pristupa: 06.07.2022.)

[3] Milešević T., Jusufranić I., Uticaj saobraćaja na životnu sredinu i prednosti javnog gradskog prevoza, V međunarodno savjetovanje „Savremeni trendovi u saobraćaju, logistici i ekologiji u funkciji održivog razvoja“ Internacionalni univerzitet Travnik, 2014.

[4] Prvi naučno stručni skup, Dobra praksa u drumskom saobraćaju i transport, Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Beograd, 11 – 12. maj 2022.

[5] Dnevni avaz, web portal (datum pristupa: 01.02.2023.)

Doc. dr. sc. Marko Amidžić, dipl. ing.[1]
Prof. dr Zoran Čegajac[2]
Prof. dr Goran Popović[3]

Stručni rad
UDK 004.42.032.24:656.1

PRIMJENA BIG DATA I DIGITALNIH PLATFORMI ZA OBRADU INFORMACIJA U PROMETNOJ LOGISTICI

Sažetak

Globalizacija tržišta roba postaje sve složenija, samim time i logistički procesi, što povećava rizike održivosti, a odgovor na takve izazove nužno nameće primjenu inovativnih tehnologija. Povećanjem procesne aktivnosti, sve više je informacija i podataka, zbog čega se njihova prikupljanja, obrada i analiza ne može provoditi ranije primjenjivanim ograničenim računalnim metodama. Koncept koji nosi ime Big Data, digitalizacija procesa prikupljanja i obrada informacija imaju sposobnost upravljanja velikih količina podataka. Da bi se bolje upravljalo globalizacijskim i složenim procesima u prometnoj logistici, navedeni koncepti mogu značajno pomoći u kontroli nad podacima i informacijama. Svaka radnja danas je gotovo evidentirana i digitalizirana, nove tehnologije pomažu u „hvatanju“ velikog broja radnji, podataka i informacija, samo se postavlja pitanje kvalitete upotrebe za unaprijed predviđene svrhe. Big Data kao koncept ne daje odgovore samo o tome s koliko podataka raspolažete, nego i što raditi s njima, odnosno boljeg razumijevanja, zašto se neke pojave događaju. Digitalne platforme pojednostavljuju protok robe i informacije, od nabave, proizvodnje, prijevoza skladištenja i distribucije, na način da gotovo u realnom vremenu su dostupne sve potrebne informacije.

Ključne riječi: Big Data, digitalne platforme i prometna logistika

THE APPLICATION OF BIG DATA AND DIGITAL PLATFORMS FOR INFORMATION PROCESSING IN TRANSPORT LOGISTICS

Summary

Globalization of the goods market is becoming more and more complex, as well as logistics processes, which increases sustainability risks, and the response to such challenges necessarily requires the application of innovative technologies. With the increase in process activity, there is more and more information and data, which is why their collection, processing and analysis cannot be carried out with previously appliedlimited computer methods. The concept called Big Data, the digitization of the process of collecting and processing information, has the ability to manage large amounts of data. In order to better manage globalization and complex processes in transport logistics, the mentioned concepts can significantly help in controlling data and information. Today, every action is almost recorded and digitized, new technologies help in quot;capturing" alarge number of actions, data and information, the only question is the quality of use for predetermined purposes. Big Data as a concept gives answers not only about how much data you have, but also what to do with it, that is a better understanding of why certain phenomena occur. Digital platforms simplify the flow of goods and information,

[1] e mail: marko.amidzic1@gmail.com

from procurement, production, transportation, storage and distribution, in such a way that all necessary information is available almost in real time.

Keywords: Big Data, digital platforms and transport logistics

1. UVOD

Prometna logistika je dinamičan, složen i organizacijski zahtjevan sustav idealan za primjenu koncepta Big Data i digitalnih platformi. Prikupljanje, obrada i analiza podataka, kao i drugih informacija u prometnom sustavu, mijenja njegov način organizacije i održivosti. U prošlosti su se podaci prikupljali uglavnom temeljem ljudskih osjetila kao što su ruke, osjetila vida i sluha. Za tako prikupljene podatke se može reći da se radi uglavnom o točnim podacima, ali s ograničenim količinama. Razvojem tehnologija, pogotovo upotrebom interneta, došlo je do revolucionarnih pomaka u količini dostupnosti podataka i informacija. Međutim, društvo nije u tolikoj mjeri napredovalo iz razloga što se podaci i dalje čuvaju uglavnom na diskovima, USB-ovim, DVD-deima, memorijskim karticama, ali se u odnosu na ranije može sačuvati više podataka. Analiza podataka, posebno podataka velikog obujma koja uključuje rad s ogromnim, stalno promjenjivim i vrlo složenim skupovima podataka, znatno je teže negoli prije nekoliko desetljeće. [1]

Ako govorimo o velikom broju dostupnih i manje dostupnih podataka, onda se može reći i da se raspolaže sa velikim brojem informacija koje se oblikuju podacima. Rudarenje podacima i informacijama teško je zamislivo bez inovativnih tehnologija i digitalnih platformi koje pomažu korisnicima za bolje razumijevanje, kontrolu i upravljanje procesima, pogotovo koje odlikuje masovnost kao što je prometna logistika. Sposobnost prikupljanja, obrade i analize velikog (obujma) broja podataka je sve prisutniji problem unutar znanstvene zajednice i drugih subjekata koji se bave odnosnom problematikom. To je sve veći izazov zbog čega je utrka za najkvalitetnijim rješenjem sve veća, a naveliko se govori i o umjetnoj inteligenciji kao mogućim rješenjem svih problema. Da li je stvarno takvo rješenje na pomolu teško je reći, međutim činjenica je da su danas gotov sve informacije zabilježene i to u realnom vremenu. Radom će biti obrađena tema kako izmjenjivati, obrađivati veliki broj (obujam) podataka, kojim najprihvatljivijim konceptom i digitalnim platformama za potrebe znanstvene i druge zajednice u rješavanju prometnih logističkih procesa

2. VRSTE PODATAKA

Podatak u osnovi predstavlja neobrađene činjenice pogodne za komuniciranje, koje imaju određeno značenje, a temeljem čega se oblikuje informacija. Dolaze iz stvarnosti i koriste za analize događaja, i empirijske su kategorije. Radi kasnijeg boljeg razumijevanja primjene koncepta Big Data i digitalnih platformi bitno je ukratko opisati osnovnu podjelu podataka.

2.1. Strukturirani (grupirani) podaci

Strukturirani (grupirani) su oni podaci koji su već organizirani u formatu koji lako koristi baza podataka ili tehnologije. Mogu biti iskazani u proračunskim tablicama, kao tradicionalni podatak koji se može pohranit u relacijsku bazu podataka.

2.2. Polu-strukturirani podaci

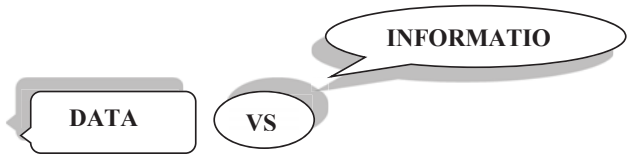
Su podaci koji nisu niti obrađeni, niti su uneseni u obični sustav baze podataka, odnosno su polu-organizirani. Ne podudaraju se s formalnom strukturom podataka, implementirani bez tablica, nemaju shemu, zbog čega ih se definira samo kao opisujuće podatke. Može se reći da je strukturiran ali nije organiziran u racionalnom modelu, poput shema, grafikona ili tablica.

2.3. Nestrukturirani podaci

Nestrukturirani podaci su neorganizirani podaci, koji nemaju prepoznatljivu strukturu stupaca i redova kao relacijske baze podataka. To su podaci koji se prikupljaju iz raznih izvora društvenih medija, npr. e pošte, videozapisi, tekstualne datoteke , Wordovi dokumenti, slike PowerPoint prezentacije i dr. Navedeni strukturirani, polu-strukturirani i nestrukturirani podaci, imaju neki oblik strukture, a razlika između njih je u tome imaju li oni unaprijed definirani model, te da li su organizirani na unaprijed definirani način.

3. PODACI U PROMETNOJ LOGISTICI

Svaki dan se stvara velika količina podataka i informacija koji se koriste u razne svrhe, a njihova primjena u prometnoj logistici ima veliki značaja. Značaj se odnosi na činjenicu da prometna logistika zahtijeva nadziranje velikog broja poslovnih aktivnosti zbog njene specifične uloge, koje ovise o velikom broju podataka i informacija. Informacije su one vrijednosti koje se dobiju nakon obrade kvalitetnih i kvantitativnih podataka. Podaci su neanalizirani, nepovezani, neprekinuti materijal koji se koristi za dobivanje informacije nakon analize.



Slika br. 1. Prikaz koncepta podatka i informacije
Izradio: autor

3.1. Prikupljanje i pohrana podataka

Prometna logistika predstavlja proces prijevoza roba, odnosno fizičko premještanje materijala ili proizvoda između pojedinih točaka unutar logističkog lanca. U svrhu optimalizacije tako složenog procesa, prikupljanje i pohrana korisnih podataka i informacija predstavlja veliki značaj. Veliki značaj preuzimanja podataka i to velikog broja je pojavom interneta, a najčešće se prikupljaju putem Web stranice koja sadrži informacije o izvorima geografskih podataka. Satelitski globalni pozicijski sustav (GPS) omogućuje određivanja položaja točke na Zemlji, odnosno određivanje i mjerenje. Navedeni podaci imaju veliki značaj u prometnoj logistici, zbog čega je upravljanje takvim procesom gotovo nezamislivo bez GPS.

Također je jedna od tehnologija koja ima široku primjenu u procesu prikupljanja podataka Radio frequenncy identification (RFID) čitač. RFID-tehnologija, koja se temelji na radio frekvencijskoj razmjeni podataka koja značajno pojednostavljuje i ubrzava vođenje evidencije o proizvodima, te omogućava praćenje u realnom vremenu.

3.2. Upravljanje podacima

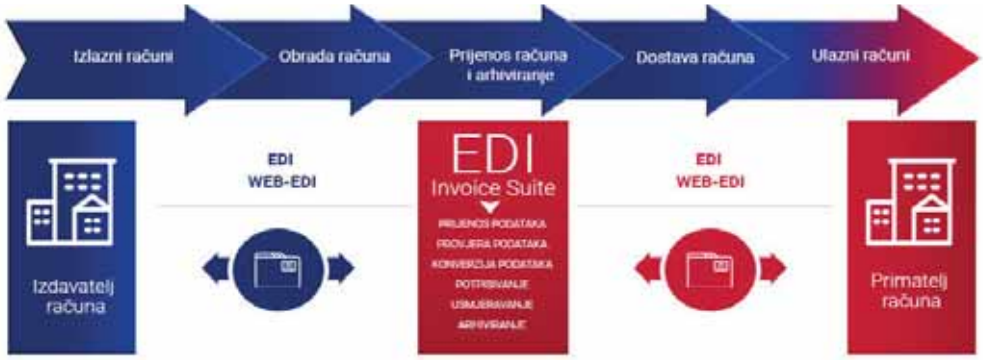
Upravljanje podacima je ključno za razumijevanje organizacije procesa, a uključuje ljude i tehnologije koje se kriste. Opskrbni lanci robama, kojima se bavi prometna logistika su pod sve većim pritiskom zbog složenosti i sve veće konkurencije. Donošenje odluka potrebnih za brzo i kvalitetno reagiranje ovisi od integriranja podataka u stvarnom vremenu. Da bih se lakše i kvalitetnije upravljalo prikupljenim, pohranjenim i podacima koji su dostupni u realnom vremenu neophodno je korištenje dostupnih digitalnih aplikacija, koje kvalitetno integriraju takve podatke.

3.3. Sigurnost pohrane podataka

Sigurnosne prijetnje u odnosu na podatke mogu prouzročiti neželjene situacije, koje za posljedicu mogu imati ne materijalna i materijalna šteta. U odnosu na sigurnost prije svega pohranjenih podataka isti predstavljaju sve veći izazov, kako za fizičke osobe kao pojedince tako i za pravne druge subjekte koji koriste pohranjene podatke. Zbog činjenice da su podaci i informacije za kvalitetno i konkurentno poslovanje bitne kategorije, pogotovo u dinamičkom sustavu kao što je prometna logistika, zaštita istih ima veliki značaj. Sve veći izazov za informacijske sigurnosne stručnjake je upravo taj kako zaštititi pohranjene podatke od mogućih napada, čime bih poslovanje bilo privremeno ili trajno ugroženo.

3.4. EDI-elektronička razmjena podataka

EDI (Electronoc Dana Interchange) je sinonim za optimizirani postupak u lancu nabave, a danas predstavlja ključnu tehnologiju za inovativne tvrtke, koje dugoročno gledaju na optimizaciju svojih procesa. Odnosi se na razmjenu elektroničkih poslovnih dokumenata između poslovnih subjekata. Cilj je EDI sustav podići na najveću moguću razinu automatizacije, u cilju postupka putem integralne razmjene podataka, izbjegavajući time fizičke i papirnate poslovne transakcije. Prikaz takvog sustava, koji integrira razmjene podataka prikazan je na slici br. 2.



Slika br. 2. Prikaz EDI sustava. [2]

Korištenjem navedene tehnologije osigurava se sljedeće:

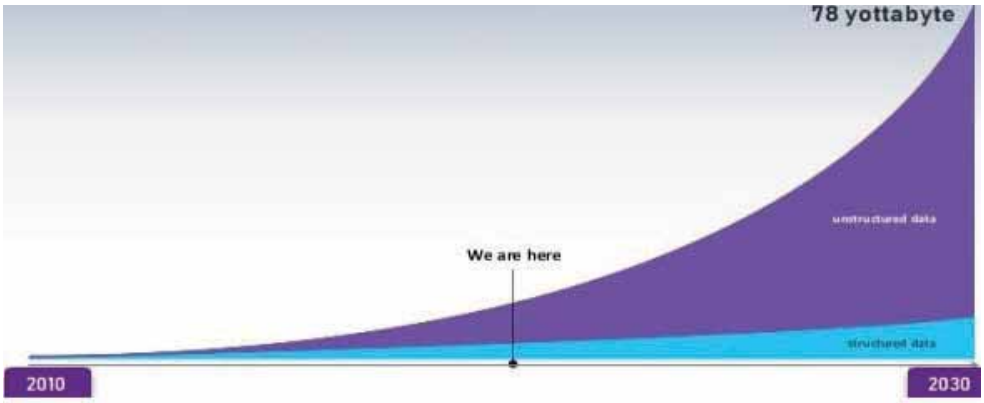
1. Materijalna ušteda, nije potreban ispis papira, nepotrebni ručni unosi, manji broj izvršitelja, automatizirani postupci i dr.
2. Povećava učinkovitost, informacije se prenose u stvarnom vremenu, povećava se točnost i smanjene su pogreške, sve transakcije se mogu lako nadzirati idr.
3. Općenito poboljšava korporativne poslove, povećava se suradnja i povjerenje između partnera, visoka kvaliteta informacija i dr.

Automatizacija procesa razmjene podataka učinkovit je način koji pojednostavljuje komunikacije, duž lanca opskrbe, odnosno logističkog lanca. Korištenjem EDI veze u potpunosti se automatizira postupak narudžbe i isporuke. EDI i API (Application Programming Interface), koje koristi cargo-partner, osiguravaju sofisticirane integracijske pakete za potrebe automatizacije. EDI rješenjem se prati velika količina pošiljaka, gdje su svi podaci kreirani i automatski se šalju na tvrtku ili prijevoznika.

4. BIG DATA

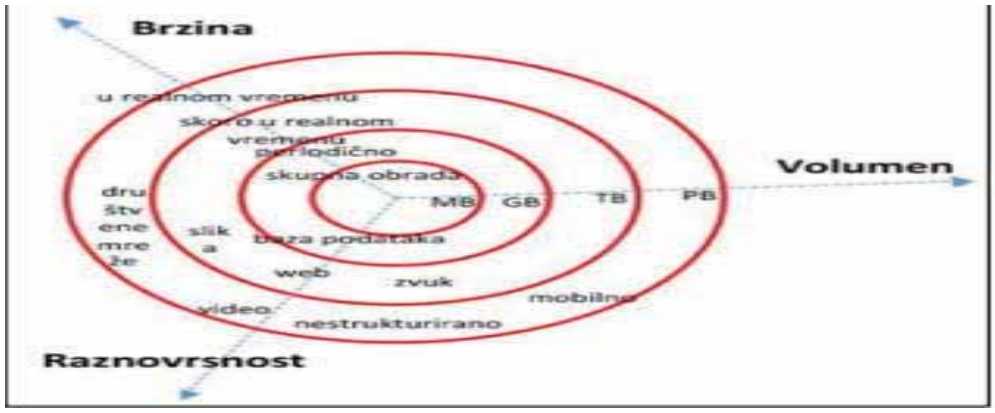
Big data tehnologija ima brzi rast, zbog brzine stvaranja novih podataka i potrebom za pohranu i obradu istih. Koncept takvih velikih podataka dobio je zamah početkom 2000-tih, kada je analitičar Doug Laney artikulirao glavnu definiciju velikih podataka kao 3V. Big data je ona količina podataka koja se ne uklapa u standardnu (relacijsku) bazu podataka za analizu i obradu. Primarno, pojam se odnosi na mogućnost prikupljanja i analize ogromnih količina podataka koji se generiraju u cijelom svijetu. Zbog velikog rasta broja podataka kao posljedica digitalizacije i inovativnih tehnologija, koje imaju sposobnost „hvatanja“ velike količine podataka, nužno je bilo istražiti koncept koji će dati odgovor na takve izazove. Prednost obrade velike količine podataka leži u konceptu Big Data koji osigurava veći kapacitet pohrane i paralelno obrade u realnom vremenu različitih heterogenih izvora. Analizom se može doći do obrasca radi boljeg razumijevanja zašto se neka pojava događa, te za predviđanje mogućih ishoda u budućnosti i donošenja strateških ciljeva. Radi navedenog javlja se sve veći broj aplikacija koje pružaju usluge navedenog koncepta, naročito u prometnoj logistici koju također oblikuje masovnost i složenost, zbog čega se može reći da su u ovisnosti. Prometnu logistiku i koncept Big Data odlikuje potreba za operativnom učinkovitosti, iskustvom korisnika i novim poslovnim modelima, što se može postići isključivo primjenom inovativnim tehničkim rješenjima u odnosu na ranije korištene metode.

Broj podataka u novije vrijeme doživljava ekspanziju, podaci su sve dostupniji, a predviđanja su da će još brže rasti što je prikazano slikom br. 3 .za razdoblje od 2010.do 2030.



Slika br. 3. Prikaz rasta količine podataka do 2030. [3]

Zbog navedenog, veliki broj pružatelja logističkih usluga shvaćaju da je Big Data trend u industrijskoj logistiki, pogotovo u opskrbnim lancima koji su dio prometne logistike. Big Data koncept karakterizira 3V sadržaj, i to: volumen, brzina i raznolikost (raznovrsnost) prikazana slikom br. 4. Odlika volumena je velika količina (obujam) podataka, brzina označava karakteristiku kojom se dobivaju podaci, a raznolikost (raznovrsnost) se odnosi na izvor iz kojih se podaci dobivaju. Navedeno, je potaklo sve više tvrtki da se opreme softverima za poslovnu inteligenciju radi pomoći u upravljanju logističkom analitikom, napredak je sve veći, a umjetna inteligencija (UI) će pomoći u točnijim predviđanjima onoga što dolazi.



Slika br. 4. Prikaz koncepta 3V. [4]

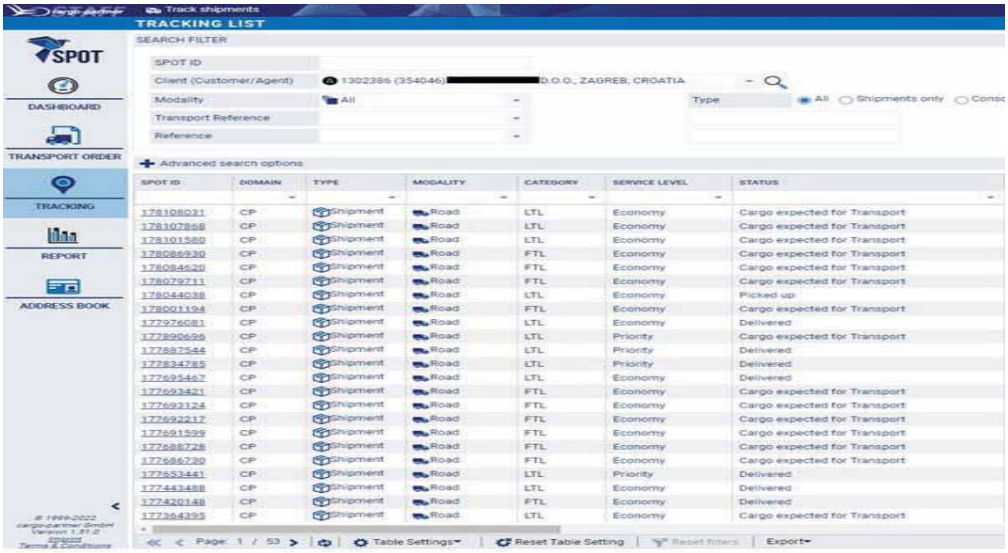
Autori pojam velikih podataka različito definiraju, ali se slažu s činjenicom da naglasak nije na količini prikupljenih podataka već na pravilnom pristupu i analizi. Navedeno se može postići primjenom inovativnih tehnologija, drugim riječima govori se o razvoju UI.

5. DIGITALNE PLATFORME U PROMETNOJ LOGISTICI

Pred korisnike usluga uvijek se postavlja pitanje koju platformu odbrati za najkvalitetnije usluge koje će zadovoljiti njihove potrebe. Današnje vrijeme odlikuje veliko broj dostupnih digitalnih platformi koje nude pružatelji usluga. Odabir pojedine digitalne platforme leži u menadžmentu tvrtke, fizičkim osobama ili drugim subjektima koji koriste takav oblik poslovanja u svom radu. Kada se govori o prometnoj logistici odabir digitalne platforme treba odgovoriti na njihove sve veće zahtjeve od skladištenja robe, proizvodnje sve do isporuke krajnjem korisniku.

5.1. SPOT

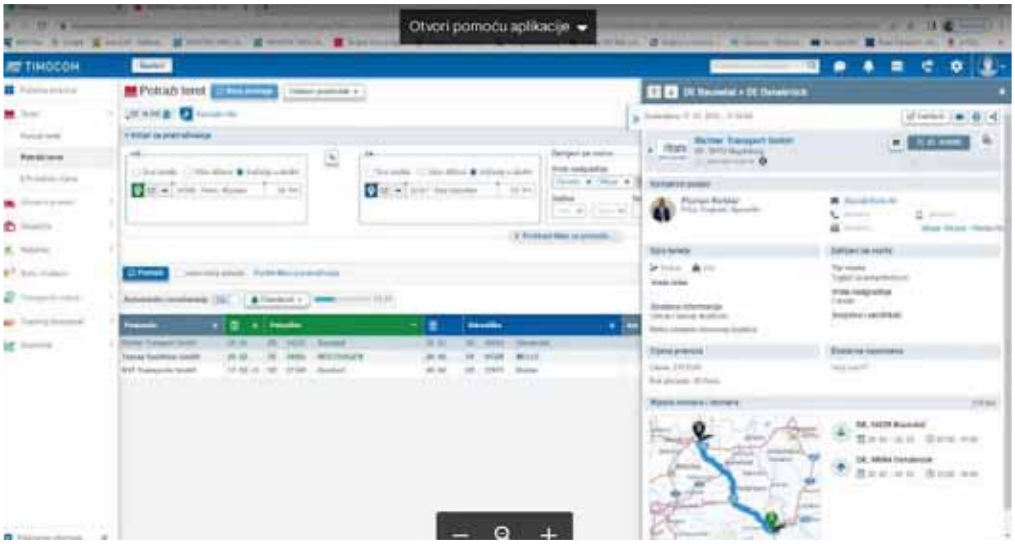
Jedna od dostupnih platformi je SPOT-platforma prikazana slikom br. 5., za upravljanje lancem snabdijevanja (opskrbe), koja omogućuje preglednost i poboljšava komunikaciju i suradnju svih sudionika u lancu snabdijevanja od narudžbe do isporuke. Sve više se teži ka digitalnom upravljanju skladišta i raznim sustavima automatizacije procesa, dok je dostupna platforma SPOT za upravljanje lancem opskrbe. Navedena platforma omogućuje kupcima praćenje pošiljki, kreiranje transportnog naloga, kontaktiranje operatera, pristup transportnoj dokumentaciji i dr. Putem navedene platforme status pošiljke se može provjeriti u svakom trenutku i preuzeti važnu prijevozničku dokumentaciju. [5]



Slika br. 5. Prikaz SPOT platforme- Tracking list. [6]

5.2. TIMOCOM

Također, jedna od dostupnih digitalnih platformi koja se često koriste u prometnom sustavu je TIMOCOM, kao optimalno logistčko rješenje za preglednost i komunikacijski nadzor procesa transporta.



Slika br. 6. Prikaz platforme TIMOCOM
Izvor: izradio autor

Kod rada na navedenoj digitalnoj platformi prikazanoj slikom br. 6., kao i na prethodnoj digitalnoj aplikaciji, nakon odabira drugi korak je logiranja, zatim se pristupa iskazivanju interesa (da li nudiš robu za prijevoz ili tražiš robu za prijevoz). Također se nadzirati i pratiti i stanje pošiljke u tovarnom prostoru i trenutne lokacije prijevozne jedinice, što znači da su dostupni podaci gotovo u realnom vremenu, što utječe na konkurentnost poslovnog procesa.

Bitne značajke digitalnih platformi ogledaju se u sljedećem:

1. Upravljanje transportnim procesom, u odnosu na stanje tovarnog prostora,
2. Stanje robe, u odnosu na status,
3. Lokacija transportnog sredstva i
4. Prioriteti i
5. Drugi sekundarni podaci.

Upravljanje transportnim procesom, u odnosu na stanje tovarnog prostora transportnog sredstva prikazuje trenutno stanje popunjenosti i mogućnosti dopune tijekom transportnog procesa, što povećava značajnu učinkovitost i ekonomičnost.

Stanje robe, u odnosu na trenutni status (pokupljeno, dostavljeno, očekuje se za transport), ima značaj u odnosu na vrijeme transportnog sredstva, kao bitne značajke cijeneći da vrijeme u transportnom procesu također ima veliki utjecaj na učinkovitost i ekonomičnost.

Najčešći pojmovi koji se koriste kod digitalnih platformi u transportnom procesu za praćenje roba u smislu popunjenosti prijevozne jedinice su:

1. FTL (Full Truck Load), kompletan utovar, gdje jedna pošiljka zauzima cijeli tovarni prostor prijevozne jedinice,
2. LTL (Less ThanTruck Load), teret manji od cjelokupnog utovara, gdje je zauzeti tovarni prostor manji od prostora prijevozne jedinice,
3. PTL (Porous Transport Lagr), gdje se u tovarnom prostoru nalazi porozni transportni sloj i
4. LTT (Local Transport Today), gdje se radi o lokalnom prijevozu danas.

Vezano za značajku lokacije transportnog sredstva, se ogleda u činjenici da takav podatak ima veliki značaja za transportni proces, zbog cjelovitog nadzora procesa, kvalitetnijim upravljanjem i dostupnosti svih podataka u realnom vremenu.

Podaci o prioritetima, koji postupak u procesu transporta je neophodno poduzeti s obzirom na stanje ima veliki značaj, u odnosu na popunjenost, status transportnog sredstva, lokaciju i mogućnostima transportnog sredstva je za optimalizaciju procesa najvažnija značajka.

Osim navedenih primarnih podataka, značajni su i sekundarni podaci koje pružaju digitalne platforme, kao što su e-dokumentacija, stanja vozila i vozača, analize i donošenje strateških ciljeva za potrebe korisnika digitalne aplikacije.

Navedeni podaci koji su trenutno dostupni na digitalnoj platformi, imaju veliki značaja za transportni proces, njegovim upravljanjem i konkurentnosti korisnika iste platforme. Ostale značajke koje se odnose na e-dokumentaciju poboljšavaju efikasnost, u smislu brzine smanjenja vremena, troškova i broja izvršitelja. Također, rad po navedenom principu pruža značajne mogućnosti za donošenje strateških ciljeva, zbog velikog broja podataka, brzine prikupljanja i brže analize istih.

5.3. Zajednički cilj i značaj digitalnih platformi

Su modularna i skalabilna, što znači da se softveri mogu konfigurirati s značajkama koje trebaju poslovanju za odabir željenog procesa. Takav sve zahtjevniji cilj digitalnih platformi je posljedica sve većeg broja dostupnih podataka, složenijih logističkih procesa, konkurencije i tržišnog nadmetanja. Drugim riječima, sustavi digitalnih platformi imaju potrebu za sve većim obimom posla, rad pod velikim opterećenjima i ogromnu dostupnost informacija u stvarnom vremenu. Primjena takvih tehnologija optimiziraju sve poslovne procese i smanjuju troškove te imaju mogućnosti kvalitetnijeg nadzora cijelog procesa u realnom vremenu.

Odlika primjene digitalnih platformi se ogleda u sljedećem:

1. Veća učinkovitost i brzina,
2. Analiza podataka u stvarnom vremenu i
3. Kompletna integracija svih poslovnih procesa.

Međutim, kao i kod drugih inovativnih tehnologija, za primjenu navedenih platformi neophodni su kvalificirani ljudski resursi. Ulaganja nisu dovoljna samo u odnosu na nabavljanje neophodnih tehničkih sredstava, nego i u dodatne edukacije ljudskih resursa prema digitalnim kompetencijama. Digitalne platforme postaju sve prihvatljiviji oblici rada, samim time i nove burze rada.

Zbog sve veće konkurentnosti primjena digitalnih platformi tj. digitalna transformacija je proces na koji se treba gledati kao na priliku koju ne treba propustiti. Efikasno upravljanje digitalnim procesom u poduzeću samo je rezultat ulaganja u kompetencije zaposlenih na svim hijerarhijskim nivoima, što omogućava da integriraju digitalne proizvode u svoje poslovne procese i proizvode. [7]

6. ZAKLJUČAK

Trenutna tehnološka dostignuća, omogućavaju unose velikog broja podataka, kreiranje i praćenje elektroničkim putem, što pruža mogućnost korištenja interneta. Sve to za posljedicu ima dostupnost ogromnog broja podataka. Bitno je veliki broj podataka prilagoditi našim potrebama. Zbog veličine broja podataka, koji je porastao do nevjerojatnih razmjera, ljudske sposobnosti donošenja odluka su smanjene. To znači da često imamo smanjenu kontrolu nad podacima koje se prikupe i nad svrhama za koje se potom upotrebljavaju. U takve podatke spadaju i osobni podaci, te podaci u poslovnim procesima, naročito u prometnoj logistici, koju odlikuje masovnost. S obzirom na sve prisutniji virtualni prostor, koji je odlike suvremenog čovjeka, te velike količine dostupnih podataka, kao i trgovanjem istim, javila se potreba za interakcijskom olakšicom, što je riješeno digitalnim platformama. Njima je olakšan način poslovanja, odnosno nastaje novi poslovni model, kao olakšanje razmjene podataka između kupca i pružatelja usluga. U tom pogledu, primjena digitalnih platformi u prometnoj logistici ima veliki značaj, kako zbog vizualnog nadzora određenog procesa, tako i za potrebe analiza istih.

LITERATURA

1. Wiley $ Sons, J. (2015.), Dana Science & Dana Analytics, Indianapolis.
2. https://www.editel.hr/sto–je–edi/.
3. https://www.guru99.com/what-is-big-data.html
4. Šebalj, D., Živković, A., (2016.) Promjene upravljanja podacima koje nosei „Big Dana“, Sveučilište J.. Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku.
5. Amidžić, M.,(2022.) Zbornik… X međunarodni naučni skup, Sigurnost i kvaliteta hrane, Brčko Distrikt.
6. https://www.cargo-partner.com/vargo/partner
7. Tufegdžić,. M., Katić, I., (2021.), Ljudski resursi u digitalnom dobu; XXVII skup Trendovi razvoja, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Doc. dr Milanko Stančić[1]

Pregledni rad
UDK 656.13.052.8:656.1.052.43

MJERENJE BRZINE VOZILA U CILJU DOKAZIVANJA SAOBRAĆAJNOG PREKRŠAJA

Sažetak

Brzina vozila ključni je faktor u vjerovatnoći da se dogodi saobraćajna nezgoda, a i posljedicama u pogledu materijalne štete, težine povreda lica i mogućnosti smrtnog ishoda. Radi toga, u svim nacionalnim zakonodavstvima predviđene su stroge kazne za nepoštovanje ograničenja brzine. Da bi se registrovali saobraćajni prekršaji, na terenu su instalirane mnogobrojne statične radarske stanice, a pored toga ovlaštena službena lica na najugroženijim tačkama brzine kontrolišu pomoću mobilnih mjerila brzine. Zaprijećene visoke kazne za počinjeni prekršaj, velika vjerovatnoća da se on registruje preko stabilnih i mobilnih radara, prvenstveno bi trebalo da djeluje preventivno na vozače da ne voze brže od dozvoljene brzine, a tek onda da se primijene represivne mjere. Međutim, često se vozači ne upozoravaju da se na toj dionici puta vrši radarska kontrola pomoću stabilnog radara, mobilni se radari kriju iza zaklona, podnose se prekršajni nalozi za koje na sudu nema dovoljno dokaza. Sve to dovodi do pravne nesigurnosti i stvara se utisak da se potencira na represiji i punjenju budžeta, a ne na bezbjednosti saobraćaja.

Ključne riječi: mjerenje brzine, radar, greška mjerenja, dokazivanje prekršaja.

MEASURING VEHICLE SPEED FOR PURPOSES OF PROVING TRAFFIC VIOLATIONS

Summary

Vehicle speed is a key factor in traffic accident probability, and also in resulting amount of property damage, severity of personal injuries and possibility of lethal outcomes. Because of that, in all national laws there exist harsh penalties for not respecting speed limits. In order to detect traffic violations, there are numerous static radar stations installed out in the field, and in addition to that, authorized personnel are present in most troublesome spots to monitor vehicle speeds using mobile measuring equipment. The threat of harsh penalties for violations, and great likelihood of those violations being detected with stationary and mobile radar systems, should first and foremost act as a deterrent for drivers not to exceed speed limits, and only failing that to apply repressive measures. However, drivers often don‘t have any indication that a road segment is being monitored with stationary radars, mobile ones are hidden behind cover, and misdemeanor orders are being filed for which there isn‘t enough evidence in court. All of this leads to legal uncertainty and an impression is forming that the focus is on repression padding the state budget, and not on actual traffic safety.

Keywords: speed measuring, radar, measurement error, violation evidence.

[1] Evropski univerzitet „Kallos“ Tuzla, milanko.stancic@gmail.com

1. Uvod

Saobraćajne nezgode su neminovna činjenica svih vidova saobraćaja. Nesreće u avio saobraćaju, željezničkom, ili brodskom su obično više medijski propraćene jer se dešavaju rjeđe, ali su po broju stradalih po događaju, brojniji nego u drumskom saobraćaju. Brzina je jedan od presudnih faktora za neželjeni događaj. Kada se desi saobraćajna nezgoda, utvrđivanje razloga je dug sudski proces koji rijetko završava nalazom da je samo prekoračenje brzine razlog neželjenog događaja. Najčešće je to kombinacija više okolnosti koje su dovele do saobraćajne nezgode. Potrebno je razlikovati dva pojma: prekoračenje dozvoljene brzine, kao veličine koja je zakonski regulisana za to vozilo na tom dijelu puta, i neprilagođene brzine. Prilagođena brzina je brzina koju bi vozač sam sebi trebao da odredi, u granicama zakonom dozvoljene, a često manja, obzirom na sve okolnosti u datom trenutku koje može da predvidi. Ta procjena šta je realno da u datom trenutku vozač može da očekuje na putu, zbog čega bi trebao prilagoditi brzinu kretanja, predmet je sudskih procesa nakon saobraćajne nezgode. Pošto je prilagođena brzina mjerno neodređena, ne može se preventivno kontrolisati i registrovati kao saobraćajni prekršaj, već se o njoj raspravlja tek nakon saobraćajne nezgode.

Ovaj rad će se baviti problematikom mjerenja brzine vozila u cilju dokazivanja saobraćajnog prekršaja-vožnja nedozvoljenom brzinom. Mjerenje brzine učesnika u drumskom saobraćaju trebao bi prvenstveno da bude preventivnog značaja-da učesnici u saobraćaju poštuju ograničenje brzine i na taj način povećaju bezbjednost sebe, a i ostalih učesnika u saobraćaju. Tek druga mjera bi trebala biti represivna, kažnjavanje neodgovornih učesnika u saobraćaju, koji vozeći brže od dozvoljene brzine, ugrožavaju sve učesnike u saobraćaju.

2.Metrologija

Metrologija je nauka o mjerenju, koja obuhvata sve teoretske i praktične aspekte koji se tiču mjerenja, bez obzira na njihovu nesigurnost i bez obzira na to u kojima se područjima nauke i tehnike pojavljuju.[1]

Pošto je Bosna i Hercegovina (BiH) na putu pridruživanja Evropskoj uniji (EU) dužna je usklađivati svoje propise sa propisima u EU. U EU je na snazi Direktiva 2014/32/EU Evropskog parlamenta i vijeća od 26. februara 2014. godine. Ovom direktivom utvrđuju se zahtjevi koje mjerni instrumenti moraju ispuniti s ciljem njihovog stavljanja na raspolaganje tržištu, ili stavljanje u upotrebu za mjerne zadatke.

Domaće zakonodavstvo usklađuje svoje propise sa EU, pa je u BiH od 2001. godine na snazi Zakon o metrologiji,[2] a u Republici Srpskoj na snazi je Zakon o metrologiji u Republici Srpskoj.[3]

[1] Prilagođeno iz Međunarodnog rječnika osnovnih i opštih naziva u metrologiji. VIM 1993.

[2] Zakon je donijela Parlamentarna skupština Bosne i Hercegovine i objavljen u „Službenom listu Bosne i Hercegovine“, broj 19/01[1]

[3] Zakon je donijela Narodna skupština Republike Srpske i objavljen je u „Službenom glasniku Republike Srpske“, broj 132/22 [2]

2.1. Mjerila brzine vozila u saobraćaju

Za mjerenje brzine vozila, kao izvedene fizičke veličine, koriste se razni uređaji i metode. Ti uređaji i metode moraju biti usaglašeni sa domaćim zakonskim normama.

Mjerilo brzine vozila u saobraćaju (u daljem tekstu: mjerilo) je uređaj koji mjeri brzinu vozila koje se kreće u saobraćaju.[3] Zakonodavstvo svih država propisuje da mjerila koja se koriste za mjerenje brzine vozila u saobraćaju imaju odobrenje tipa mjerila[4]. Sva mjerila za koja imaju tipsko odobrenje moraju proći verifikaciju mjerila koja obuhvata pregled i žigosanje mjerila.[5] Mjerilo koje je ispunilo propisane parametre na određen način se obilježava-žigoše na jedan od načina predviđenih u Pravilniku o vrstama i načinu označavanja mjerila prilikom verifikacije.[6] Primjer verifikacionog žiga predstavljen je na slici 1.

Slika 1. Osnovni verifikacioni žig za imenovane laboratorije

U BiH, kao i u susjednim zemljama, pravilnicima se propisuju metrološki i tehnički zahtjevi za mjerila brzine vozila u saobraćaju, načini provjere usaglašenosti metroloških i radnih karakteristika mjerila brzine sa propisanim zahtjevima, načinom označavanja i verifikacije mjerila brzine radi stavljanja na tržište, ili upotrebu. Tako su trenutno na snazi u Republici Srpskoj: Pravilnik o mjerilima brzine vozila u saobraćaju[7], u Republici Srbiji: Pravilnik o merilima brzine vozila u saobraćaju[8], u Republici Hrvatskoj: Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za mjerila brzine u cestovnom prometu[9], u Crnoj Gori: Pravilnik o metrološkim zahtjevima za mjerila za kontrolu brzine vozila u pokretu[10].

[3] Pravilnik o mjerilima brzine vozila u saobraćaju, „Sl. glasnik Republike Srpske“ br. 16/2022 [3]

[4] Ispitivanje tipa mjerila je skup postupaka koji se preduzimaju s ciljem da se ispita i na osnovu toga odobri, ili odbije tip mjerila. Tip mjerila podrazumijeva mjerila istog proizvođača koja imaju slične karakteristike u pogledu namjene, načina upotrebe, principa konstrukcije, oblika, sastavnih dijelova, materijala i meroloških svojstava, a mogu se međusobno razlikovati po mjernom području i nazivnim vrijednostima

[5] To je skup postupaka koje vrše određeni organi nacionalne službe zakonske metrologije (ili neki drugi zakonom ovlašteni subjekt), u cilju utvrđivanja i potvrđivanja da mjerilo u potpunosti ispunjava propisane metrološke uslove

[6] Pravilnik o vrstama i načinu označavanja mjerila prilikom verifikacije, „Službeni list BiH“ br. 75/14 [4]

[7] Pravilnik o mjerilima brzine vozila u saobraćaju, „ Sl. glasnik RS“, br. 16/2022 [5]

[8] Pravilnik o merilima brzine vozila u saobraćaju, „Sl. glasnik RS“ br. 119/2014, 111/2015, 117/2017,i 50/2019[6]

[9] Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za mjerila brzine u cestovnom prometu, „NN“ br. 60/20 [7]

[10] Pravilnik o metrološkim zahtjevima za mjerila za kontrolu brzine vozila u pokretu „Sl. list Crne Gore“, 18/2018 [8]

2.2.1. Podjela mjerila

Podjela mjerila prema parametrima koji se koriste za određivanje brzine:

1. Radarska mjerila, koja brzinu kontrolisanog vozila određuju na osnovu razlike frekvencije u mikrotalasnom frekventnom području između emitovanog signala i signala reflektovanog od kontrolisanog vozila (Doplerov efekat), u daljem tekstu: radari. Primjer radara koji ima mogućnost kontrole saobraćaja u 2-6 traka (stabilna varijanta), ili do 4 trake (prenosna varijanta) prikazan je na slici 2.

Slika 2. Radarsko mjerilo brzine: Cordon M2

Izvor: https /simicon.com/products/speed-and-traffic-enforcement/cordon-m/[9]

2. Laserska mjerila rastojanje i brzinu kontrolisanog vozila određuju na osnovu mjerenja vremena prostiranja laserskih impulsa reflektovanih od kontrolisanog vozila koja se odašilju veliki broj puta. Pojedinačne udaljenosti se izračunavaju mjerenjem trajanja emitovanog svjetlosnog impulsa koji se reflektuje na ciljano vozilo u pokretu (u daljem tekstu: lidari).

Pošto ovi mjerni uređaji emituju laserske zrake moraju biti napravljeni tako da isključe svako moguće ugrožavanje osobe koja rukuje sa njim, ili drugih osoba ugroženih laserskim zračenjem.

Ovi uređaji moraju prikazivati tačku da se na fotografiji vidi tačno na koje se vozilo mjerenje odnosi, jer uređaj može da prati više vozila u oba smjera.

Ručni radari i laserska mjerila mogu se koristiti i iz ruke ako je to predviđeno uputstvom proizvođača tog mjerila i ukoliko rukovalac mjerila obezbijedi da se to mjerilo ne pomjera tokom mjerenja. Ručno mjerilo koji se stavi na određenu čvrstu podlogu (tronožac) i dalje zadržava status ručnog mjerila.

Jedan od tipova laserskog mjerača brzine, često korišten na ovim područjima, prikazan je na slici 3.

Slika 3. Ručni laserski radar TruCAM II

Izvor: https://spytekonline.co.za/spytek-trucam-ii-speed-enforcement-laser-with-video [10]

3. Mjerila puta/vremena (detekcijska mjerila brzine) su zakonita mjerila čije se mjerenje zasniva na načelu pređene udaljenosti u zabilježenom vremenu. To znači da se na kratkim udaljenostima mjere brzine vozila mjerenjem vremena kretanja između dva uzastopna položaja vozila, pri čemu su detektori (senzori) položaja vozila povezani sa istom vremenskom bazom, a udaljenost među njima je poznata vrijednost. Pri tome razlikujemo:

- aktivne i pasivne senzore u mobilno, ili stacionarnom postavljenom nosaču usmjerenom paralelno sa smjerom kretanja vozila čija se brzina mjeri, ili
- senzori koji se postavljaju u/ili na kolovoz

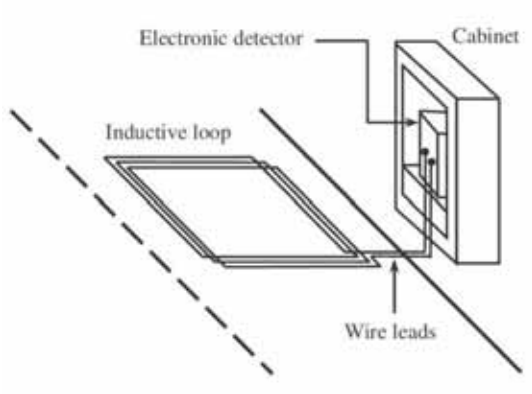
Mjerila put/vrijeme moraju raspolagati optičkim indikatorima koji omogućavaju provjeru rada senzora prilikom prolaska vozila. Ova metoda mjerenja je dosta tačna, a kreće oko 0,5%.

Induktivne petlje se sastoje od namotaja žice, najčešće bakarne, koje se ubacuju u zareze napravljene u asfaltu, ili se postavljaju na kolovoz u izgradnji prije navlačenja završnog sloja asfalta. Detekcija vozila zasniva se na mjerenju induktiviteta žičane petlje radi prisutnosti vozila u magnetskom polju petlje. Obradom podataka ulaska i izlaska vozila sa petlje dolazi se do podatka brzine vozila koje je prešlo preko petlje.

Petlja u sprezi sa semaforskim uređajem može registrovati prisutnost vozila, prolazak vozila, može brojati promet, klasifikovati promet prema dužini vozila. U prethodnom periodu vrlo su bile zastupljene radi preciznosti, pouzdanosti, neosjetljivosti na vremenske prilike. Radi nedostataka

komplikovanog instalisanja i skupog održavanja u posljednje vrijeme zamjenjuju se novim sistemima.

Princip instalisanja i rada induktivne petlje predstavljen je na slici 4.



Slika 4. Šematski prikaz rada induktivne petlje

Izvor:https://www.researchgate.net/figure/Elements-of-an-inductive-loop-detector_fig1_306268424[11]

4. Mjerenje prosječne brzine (sekcijska mjerila brzine) mjerila su put/vrijeme čije se mjerenje zasniva na načelu pređene udaljenosti u zabilježenom vremenu. To znači da mjere prosječnu brzinu na većim udaljenostima mjerenjem vremena kretanja i prepoznavanjem vozila na ulaznoj i izlaznoj tački izmjerene dionice poznate dužine. Ovaj način mjerenja brzine radi dokazivanja saobraćajnog prekršaja, u regionu, uglavnom se primjenjuje na određenim dionicama autoputa gdje je ograničenje brzine na cijeloj dionici isto. Te dionice su bile duge nekoliko desetaka kilometara, pa i više od sto kilometara, što se pokazala neefikasnim. Vozači su na pojedinim dijelovima te dionice vozili mnogo brže od dozvoljenog, a onda vrijeme trošili na odmor, sipanje goriva i slično, pa bi na izlasku sa dionice imali „dobar prosjek“. Radi ovog problema u toku su izmjene ovog načina mjerenja brzine, tako što se dionice skraćuju na par kilometara, neovisno od ulaska i izlaska sa autoputa. U drugim regionima, kao npr. Velika Britanija, ova metoda se najčešće koristi na dionicama puta gdje je ograničenje brzine na putu radi radova, vremenskih prilika i slično.

5. Mjerila brzine za praćenje su podvrsta pokretnih mjerila za mjerenje brzine. Njihov rad zasniva se na načelu pređene udaljenosti u poznatoj jedinici vremena. Vozilo opremljeno mjerilom brzine koje prati nadzirano vozilo, mjeri prosječnu brzinu nadziranog vozila na temelju izmjerene brzine dionice (pređene udaljenosti) i vremena kretanja nadziranog vozila, ili mjerenjem brzine iz pomične tačke. Kako bi se dokazala izmjerena brzina mjerenjem mjerilom brzine za praćenje, neophodno je napraviti tri fotografije na osnovu video zapisa. Fotografija na početku mjerenja, na kraju mjerenja i dodatna fotografija za prepoznavanje vozila.

Kod metode praćenjem vozilom u pokretu dozvoljena greška se propisuje i do +/- 5 km/h. Ovo je iz razloga jer se vrše dva mjerenja, prvo brzina vozila u kome se uređaj nalazi, a zatim

brzina između njega i vozila koje se prati. Tim postupkom ukupna greška predstavlja zbir grešaka ta dva mjerenja. Izgled opreme u vozilu za praćenje prikazan je na slici 5.

Slika 5.Mjerenje brzine praćenjem („PRESRETAČ“)

Izvor: Foto:e-stock/M.Rafailović

Praćenje saobraćaja iz helikoptera daje velike mogućnosti u pogledu kontrole poštovanja saobraćajnih propisa kao: nedozvoljenog preticanja, nasilničke vožnje, kao i kontrole brzine vozila. Mjerenje brzine iz helikoptera u fazi je uvođenja i nije pravno regulisano ni u BiH, a ni u zemljama okruženja.

2.2.2. Tehnički zahtjevi koje mjerila treba da ispunjavaju

Nacionalna zakonodavstva kroz pravilnike o mjerilima brzine vozila u saobraćaju propisuju koje to osobine uređaji moraju ispunjavati da bi prošli provjere i odobrenje tipa mjerila. Poslije ispunjavanja opštih zahtjeva koje mjerilo mora da ispunjava u vidu:

-mjernog područja ,

-radnih uslova,

-načina samotestiranja,

-prikaz, čuvanje i zaštita podataka od zloupotrebe,

-napajanje, i niz drugih propisanih karakteristika,

svako pojedinačno mjerilo mora proći žigosanje prije prvog stavljanja u upotrebu. Mjerila brzine vozila u saobraćaju se žigošu (verifikuju) na period od jedne godine. Nakon tog perioda mjerilo ide na takozvanu periodičnu verifikaciju i dobija žig koji važi narednu godinu. Mjerilo podliježe vanrednoj verifikaciji ako je zbog kvara, odnosno drugih tehničkih nedostataka, bilo van upotrebe i na njemu su vršene popravke, ili prepravke. Bez obzira što proizvođač garantuje određene tehničke karakteristike mjerila, ovlašteno tijelo za verifikaciju provjerava ispunjava li mjerilo zakonom propisane karakteristike koje često znaju biti manje stroge od garancija proizvođača. Primjera radi, ako proizvođač tvrdi da mjerilo ima tačnost mjerenja brzine +/- 2km/h, a ispitivanjem se došlo do podatka da je to +/-2,5 km/h, mjerilo će se žigosati i staviti u upotrebu, ako je nadležnim pravilnikom određeno da mjerilo ne smije imati veću grešku od +/- 3 km/h .

2.2.3. Pravci razvoja mjerila brzine u saobraćaju

Prije nekoliko desetina godina pojam radara u saobraćaju bio je uređaj koji je na displeju pokazivao izmjerenu brzinu, bez fotografije, bez memorisanja podataka i drugih osobina koji današnji uređaji imaju. Danas se više ne može govoriti samo o radaru kao uređaju za mjerenje brzine vozila u saobraćaju, već se govori o radarskim stanicama. Takve stanice neprekidno, noću i danju, u uslovima lošeg vremena i sl. neprestano kontroliše saobraćaj. Kontrola se zasniva kroz neprekidni video zapis koji se šalje u operativni centar. U Republici Srpskoj u posljednje vrijeme postavljaju se radarske stanice izgleda kao na slici 6.

Slika 6. Savremeni radarski sistemi-radarska stanica

Izvor. Autor

Ovako savremena radarska stanica, u zavisnosti od ugrađenog softvera, osim mjerenja brzine može da obavlja još niz radnji za bezbjednost saobraćaja, a i za potrebe istražnih organa. Neke od mogućih funkcija su:

-registrovanje nepropisnog preticanja,

--registrovanje nepropisnog skretanja,

-registrovanje nekorištenja sigurnosnog pojasa,

-prepoznavanje lika vozača da bi se spriječila (do sada česta pojava) lažna prijava identiteta vozača koji je učinio prekršaj,

-registrovanje upotrebe telefona u vožnji,

-mogućnost spajanja sa semaforom i registrovanje prolaska kroz crveno svjetlo, koji se registruje na osnovu izmjerene brzine vozila i vremena prolaska preko označene zaustavne linije,

-registrovanje vozila sa nevažećim tablicama (istekao period registracije vozila),

-mjerenje udaljenosti između vozila (držanje rastojanja) u zavisnosti od brzine kojom se kreću.

Da bi se navedene funkcije automatski obradile neophodno je identifikovati vozilo, a to se prvenstveno radi preko prepoznavanja oznaka na registarskim tablicama.

2.2.4. Vještačka inteligencija i bezbjednost saobraćaja

Vještačke inteligencije (engl. artificial intelligence - AI), je spremna da postane jedan od najutjecajnijih trendova u narednim godinama, mijenjajući način na koji razmišljamo o informacijam i mogućnostima njene primjene. Jedna od područja primjene veštačke inteligencije je i računalni vid, odnosno optičko prepoznavanje znakova (eng. Optical character recognition-OCR)-pretvaranje teksta na slikama u tekstualni format. OCR softver može prepoznati tekst na slikama, izdvojiti tekst iz fotografija i spremiti tekstualne datoteke u sljedećim formatima: JPG, JPEG, PNG, BMP, tiff, PDF i drugi. Za ovaj rad najznačajnije je primjena za prepoznavanje brojeva tablica vozila pomoću računalnih algoritama i tehnologije mašinskog učenja. Postoji nekoliko različitih načina na koje se vještačka inteligencija može primijeniti u prepoznavanju brojeva tablica vozila, ali neki od najčešćih pristupa koriste duboko učenje (engl. deep learning) i neuronske mreže (engl. neural networks) za analizu slika vozila. U ovom slučaju, računalni program koristi veliku količinu podataka o slikama vozila i pripadajućim brojevima tablica kako bi "naučio" prepoznati obrasce u slikama i identificirati brojeve tablica.

Ova tehnologija se često koristi u nadzoru saobraćaja, parkiranju, provjeri ulaska vozila u područja s ograničenim pristupom, i slično. Međutim, treba imati na umu da ova tehnologija također može izazvati zabrinutost u pogledu privatnosti, jer neki ljudi mogu biti zabrinuti zbog činjenice da se njihova vozila mogu pratiti i identificirati bez njihovog znanja ili pristanka.

Mjerenje prosječne brzine koje je u okruženju akteuelno već nekoliko godine jedan je od primjera primjene korištenja optičkog prepoznavanja znakova. Svako vozilo koje ulazi u kontrolisano područje idenfikuje se preko prepoznavanja registarskih tablica. Na izlasku sa kontrolisanog područja ponovo je potrebno identifikovati svako vozilo. Računar za svako vozilo preračunava vrijeme prolaska kroz dvije nadzorne tačke i izračunava prosječnu brzinu. Vozila koja su prekoračilu brzinu registruju se i idu dalje u prekršajnu procedure. Za OCR softver postavlja se još teži zadatak, a to je prepoznavanje kategorije vozila . Ovo je neophodno jer nisu ista ograničenja brzine na određenoj dionici puta za sve kategorije vozila (automobile, automobile sa kamp prikolicom, kamione, autobuse i sl.).

2.2.5. Greške mjerenja brzine vozila u saobraćaju

U zakonskim i podzakonskim aktima, kao i stručnoj literaturi, na ovu temu koriste se određeni izrazi koji su slično definisani i globalno se mogu definisati kao:

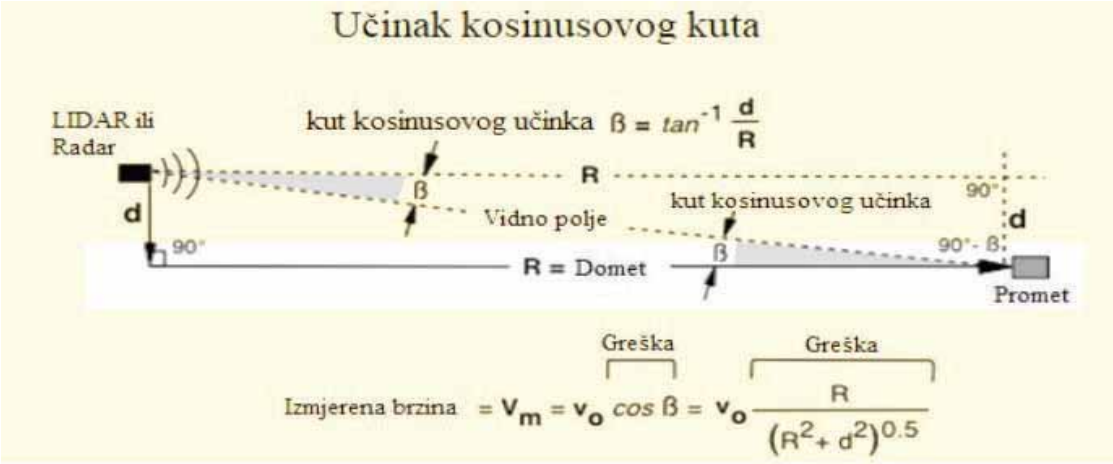
-Tačnost mjerenja - predstavlja bliskost slaganja između rezultata mjerenja i prave vrijednosti mjerene veličine;

-Mjerna nesigurnost - izražava interval u kome se nalazi prava vrijednost fizičke veličine koja se mjeri i može se procijeniti, ili eksperimentalno odrediti. Riječ „nesigurnost“ u opštem smislu predstavlja sumnju, pa prema tome „mjerna nesigurnost“ označava sumnju u valjanost rezultata mjerenja;

-Greška mjerenja - predstavlja razliku rezultata mjerenja i prave vrijednosti mjerene veličine, odnosno: greška mjerenja=rezultat mjerenja-prava vrijednost;

-Sigurnosna razlika je vrijednost brzine izražene u km/h (kilometar na čas), ili % (postotcima) koji se moraju oduzeti od izmjerene vrijednosti u svrhu ispravke zbog pogreške mjerila brzine, odnosno mjerne metode;

Izmjerena brzina (broj prikazan na displeju uređaja, ili na drugi način zapisan i registrovan) ne predstavlja stvarnu (tačnu) brzinu kretanja vozila. Ta razlika se kreće u granicama tačnosti korištenog uređaja (brojčano izraženo to su najveće greške), zatim greške zbog kosinusnog efekta (predstavljen na slici 7) i još neki manje uticajni faktori.



Slika 7. Kosinusni efekat kod sistema mjerenja brzine vozila u drumskom saobraćaju https://www.kyosan.co.jp/english/product/traffic04.html [12]

U navedenim pravilnicima o mjerilima brzine vozila u saobraćaju, između ostalog, definisani su i tehnički zahtjevi mjerila u pogledu tačnosti. Ti zahtjevi su načelno +/- 3 km/h. Moderni uređaji za mjerenje brzine uglavnom u svojim tehničkim karakteristikama navode da su tačnosti +/- 2 km/h. U poslednje vrijeme na tržištu se pojavljuji i uređaji koji garantuju tačnost mjerenja i od +/- 1 km/h.

2.2.6. Status greške mjerenja u zakonskoj regulativi

U BiH (u oba entiteta), kao i Republici Srbiji, u pravilnicima je određena greška za mjerila brzine vozila u saobraćaju od maksimalno +/-3 km/h. Ta odredba se prilikom verifikacije koristi i mjerilo dobije žig sa pratećom dokumentacijom za to mjerilo u kome je, između ostalog, navedeno da su granice tačnosti u navedenom dijapazonu. Međutim, ovlaštena službena lica prilikom korištenja mjernog uređaja zanemaruju taj podatak i izmjerenu brzinu (prikazanu na displeju) smatraju tačnom brzinom kojom se vozilo kretalo i na osnovu nje određuju postojanje saobraćajnog prekršaja. U konkretnom Prekršajnom nalogu[11] konstatuje se da je, za određeno vozilo, na dijelu puta gdje je ograničenje 60 km/h izmjerena brzina 72 km/h, što je za 12 km/h više od dozvoljene pa je kažnjivo po određenom članu Zakona. U

navedenom slučaju vozilo se moglo kretati i 69 km/h što nije prekršaj (nema zaprijećene kazne).

Mnogo bolje zakonsko rješenje je u Republici Hrvatskoj, gdje su dozvoljene greške mjerila iste kao predhodno navedene, ali je u Pravilniku o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za mjerila brzine u cestovnom prometu uveden novi pojam: „sigurnosna razlika“. [12] Sigurnosna razlika za brzine do 50 km/h iznosi 3 km/h, za brzine veće od 50 km/h do 100 km/h iznosi 10 km/h, a za brzine veće od 100 km/h iznosi 10%, a zaokružuje se na veću vrijednost. U konkretnom slučaju Obavezni prekršajni nalog[13] konstatuje se:…“upravljao vozilom kroz naseljeno mjesto gdje je prometnim pravilom dopuštena brzina od 50 km/h, brzinom od 109 km/h, koja je utvrđena korištenjem uređaja BINAR, a umanjena za 10% sigurnosne razlike iznosi 98,1 km/h, dakle kretao se brzinom koja je za 48,1 km/h veća od dopuštene“. Može se primijetiti u ovoj izreci određena greška. Propis kaže 10%, zaokruženo na veću. Dakle, u ovom slučaju 10% je 10,9 km/h koje je trebalo zaokružiti na 11 km/h, pa bi konačna utvrđena brzina bila 98 km/h. Tako se i u drugim propisima definiše, brzina vozila se određuje u kilometrima na sat (cio broj, bez decimalnog zareza), na taj način i svi mjerni uređaji registruju i prikazuju rezultat mjerenja brzine. U ovom konkretnom slučaju, ne samo da se uzima moguća greška mjerila od +/- 3km/h, već je, radi i drugih mogućih uticaja na tačnost mjerenja, ta tolerancija dostigla vrijednost od 11 km/h, naravno u korist okrivljenog u prekršajnom postupku.

Poređenja radi, u BiH, vozaču na autoputu, gdje je ograničenje 130 km/h, ako mjerni uređaj pokaže da je brzina 141 km/h, biće podnesena prekršajna prijava, a u Republici Hrvatskoj, tek kada isti mjerni uređaj pokaže 157 km/h biće podnesena prekršajna prijava da je vozio 141 km/h (157x 10%=15,7 zaokružuje se na veću što je 16 km/h pa se zbog sigurnosne razlike utvrđuje da je brzina 141 km/h).

[11] Policijska stanica za bezbijednost saobraćaja Doboj JSBO 004.497.234.4 od 2.11.2022. godine

[12] „Sigurnosna razlika je vrijednost brzine izražene u km/h (kilometrima na sat), ili % (procentima) koja se mora oduzeti od izmjerene vrijednosti brzine u svrhu ispravke zbog pogreške mjerila brzine, odnosno mjerne metode“.

[13] Policijska uprava Zagrebačka, Policijska postaja Samobor, broj:511-19-40/05-4-261-1/2020 od 15.5.2020. godine

3. Prekršaj

U zakonodavstvima država za nedozvoljene radnje propisuju se razne sankcije. Najčešće kažnjive radnje su prekršaji, kao blaže, i krivična djela, kao teže. Nepoštovanje zakona iz oblasti saobraćaja tretira se kao lakše kršenje propisa i zaprijećene su samo prekršajne kazne. U nekim državama se zagovara uvođenje i krivičnog djela za tkz. „nasilničku vožnju“ kao grubo, svjesno i bezobzirno kršenja saobraćajnih pravila.

Da bi se određeno ponašanje moglo smatrati prekršajem, neophodno je da se ispune jasno dati zakonski preduslovi, a to su da se radi o protivpravnom djelu koje predstavlja kršenje javnog poretka, ili propisa o ekonomskom i finansijskom poslovanju utvrđeno zakonom, ili drugim propisom, za koja je određeno obilježje i za koje su propisane sankcije. Pojam i obilježja prekršaja data su u članu 2. Zakona o prekršajima Republike Srpske [13], u daljem tekstu Zakon.

Da bi nekome bila izrečena prekršajna sankcija, mora biti odgovoran za počinjeni prekršaj, a učinjeno djelo, prije nego što je bilo izvršeno, moralo je biti zakonom, ili na zakon uzasnovanom propisu, određeno kao prekršaj, a neophodan uslov je i da je zakonom, ili drugo, na zakonu zasnovanom propisu, propisano kojom vrstom i visinom sankcije počinilac prekršaja može biti kažnjen.

3.1. Dokazivanje prekršaja

Stranke u prekršajnom postupku su ovlašćeni podnosilac zahtjeva, okrivljeni i oštećeni koji je podnio zahtjev za pokretanje prekršajnog postupka. Zakon daje status i određenu ulogu i prava u postupku i učesnicima u prekršajnom postupku, a to su branilac okrivljenog, zakonski zastupnik ili punomoćnik okrivljenog, oštećeni i drugo lice kada je to zakonom određeno. Ovlašćeni organi za pokretanje prekršajnog postupka su nadležna ministarstva i drugi organi države ili Entiteta, Ministarstvo unutrašnjih poslova, druga ministarstva i inspekcijski organi, nadležni organi jedinica lokalne samouprave i privredna društva i druga pravna lica koja imaju javna ovlašćenja, a u čiju nadležnost spada neposredno izvršenje, ili nadzor nad izvršenjem zakona, ili propisa kojima su propisani prekršaji. Oštećeni može pokrenuti prekršajni postupak samo ako nije izdat prekršajni nalog, odnosno ako nije podnesen zahtjev za pokretanje prekršajnog postupka u roku od 60 dana od dana činjenja prekršaja, ili u roku od 60 dana od odustajanja od zahtjeva za pokretanje prekršajnog postupka u smislu člana 161. stav 1. Zakona. Okrivljeni može pokrenuti prekršajni postupak zahtjevom za sudsko odlučivanje pod uslovima propisanim Zakonom. Ukoliko tužilac za određeno djelo nađe da ima obilježja prekršaja, a ne krivičnog djela, predmet će ustupiti nadležnom ovlašćenom organu.

Okrivljeni u prekršajnom postupku može biti fizičko lice, preduzetnik, pravno lice i odgovorno lice. Takođe, okrivljeni u svim fazama postupka može imati branioca.

Prekršajni postupak se pokreće izdavanjem prekršajnog naloga, ili podnošenjem zahtjeva za pokretanje prekršajnog postupka. Ovlašćeni organ izdaje prekršajni nalog ako je prekršaj iz njegove nadležnosti utvrđen:

1) neposrednim opažanjem od ovlašćenog službenog lica prilikom vršenja inspekcijskog nadzora, nadzora i pregleda, kao i uvida u službenu evidenciju nadležnog organa,

2) na osnovu podataka koji su dobijeni uređajima za nadzor ili mjerenje,

3) pregledom dokumentacije, prostorija i robe, ili na drugi zakonom propisan način i

4) na osnovu priznanja o počinjenom prekršaju od okrivljenog pred ovlašćenim organom na licu mjesta, ili u nekom drugom sudskom, ili upravnom postupku." (član 148. Stav 1. Zakona).

Okrivljeni može prihvatiti odgovornost za prekršaj plaćanjem novčane kazne i izvršenjem drugih obaveza utvrđenih prekršajnim nalogom u određenom roku, ili obavijestiti ovlašćeni organ da prihvata sankciju koja je određena u prekršajnom nalogu, ili odreći se zahtjeva za sudsko odlučivanje. U ovom slučaju prihvatanja odgovornosti okrivljenog, prekršajni nalog postaje konačan i izvršan. Ukoliko je prekršajni nalog dostavljen u skladu sa odredbama Zakona, a okrivljeni ne podnese zahtjev za sudsko odlučivanje o izdatom prekršajnom nalogu, smatraće se da je prihvatio odgovornost propuštanjem, a prekršajni nalog će postati konačan i izvršan. U protivnom, okrivljeni može nadležnom sudu podnijeti zahtjev za sudsko odlučivanje o prekršajnom nalogu (u roku od osam dana od dana uručenja naloga), a nadležni sud će, odmah po prijemu zahtjeva za sudsko odlučivanje, obavijesti ovlašćeni organ da je okrivljeni podnio zahtjev za sudsko odlučivanje.

Po dobijanju zahtjeva za sudsko odlučivanje, sud će odbaciti zahtjev za sudsko odlučivanje ako zahtjev nije podnesen u roku koji je određen zakonom, ili je zahtjev podnesen od neovlašćenog lica, ili je okrivljeni već prihvatio odgovornost. Sud će, takođe, razmotriti činjenični opis same radnje prekršaja, te, takođe obustaviti postupak ukoliko ni u naknadnom roku ovlašteni organ isti ne dopuni. Danom pravosnažnosti rješenja kojim sud odbacuje zahtjev za sudsko odlučivanje prekršajni nalog na koji je uložen zahtjev za sudsko odlučivanje postaje konačan i izvršan, a izrečenu sankciju iz prekršajnog naloga sud će unijeti u Registar. Ukoliko nije moguće izdati prekršajni nalog, u skladu sa Zakonom, ovlašćeni podnosilac zahtjeva će podnijeti zahtjev za pokretanje prekršajnog postupka nadležnom sudu.

Ako Zakonom o prekršajima RS nije drugačije određeno, na procesne situacije koje nisu specificirane tim zakonom, shodno se primjenjuju odredbe Zakona o krivičnom postupku RS.

Teret dokazivanja obilježja prekršaja i prekršajne odgovornosti je na podnosiocu zahtjeva za pokretanje prekršajnog postupka.

Naši procesni zakoni ne određuju s kojim nivoom uvjerenja sud treba u svakom pojedinom slučaju utvrditi pojedine činjenice za osnov svoje odluke, već prepušta sudu da to odredi u skladu s načelom slobodne ocjene dokaza. Prije nego što sud donese odluku, on mora sve pravno relevantne činjenice konkretnog slučaja utvrditi s potpunom uvjerenošću koju može steći samo na osnovu savjesne ocjene svakog dokaza pojedinačno i u vezi s ostalim dokazima. Ukoliko u trenutku donošenja odluke sud ostane u sumnji u pogledu postojanja, ili nepostojanja nekih relevantnih činjenica, mora primjenom pravila "in dubio pro reo"[14] donijeti rješenje kojim se okrivljeni oslobađa odgovornosti za prekršaj. Osnovana sumnja je veći stepen sumnje zasnovan na prikupljenim dokazima koji upućuju na zaključak da je izvršen prekršaj, kada se donosi rješenje kojim se okrivljeni proglašava odgovornim. Ukoliko sud zaključi da djelo za koje se okrivljeni tereti nije prekršaj, ili da nije dokazano da je počinio prekršaj koji je predmet zahtjeva za pokretanje prekršajnog postupka, ili ukoliko postoje okolnosti koje isključuju prekršajnu odgovornost, a koje su jasno naznačene u Zakonu, donosi se rješenje kojim se okrivljeni oslobađa odgovornosti.

[14] lat.:" u sumnji u korist okrivljenog"

Zaključak

Uređaj koji može praviti „dozvoljenu" grešku od npr. 3 km/ h, po zakonu vjerovatnoće, u 50% slučajeva će pokazati da se vozilo kretalo brže (u dijapazonu 0-3 km/h), od stvarnog. Ta vjerovatnoća, ili da nazovemo istina, ni u kom slučaju nije dovoljna da neko bude proglašen krivim za prekršaj. Koliki stepen vjerovatnoće treba da bude za neku tvrdnju da bi se ispunilo opšte prihvaćeno tumačenje dokaza da bi se moglo reći „van svake razumne sumnje" niko nije brojčano iskazao. Ako bi se diskutovalo o izrazu „van svake razumne sumnje" moglo bi se obrnuto reći da svaka razumna osoba ne može dovesti u sumnju provedeni dokaz. To se zasigurno ne bi moglo reći za dokaz sa matematičkom vjerovatnoćom od 50%. Nesporno je da svaki vozač u BiH i Srbiji koji zatraži sudsko odlučivanje i pozove se na navedeni Pravilnik i granice greške mjernog uređaja dokazaće da izmjerena brzina ne dokazuje da se vozilo kretalo tom brzinom već (radi evidentne moguće greške instrumenta) umanjenom za vrijednost granice dozvoljene greške. Greška mjerila je registrovana u njegovoj dokumentaciji o žigosanju i najmanje što bi ovlašteno službeno lice na terenu trebalo je da ne registruje prekršaje koji nisu dokazivi. Pošto mjerilo ima memoriju, ima mogućnost automatskog registrovanja prekoračenja brzine, bilo bi normalno da se u memoriju mjerila, ako je granična vrijednost brzine 60 km/h,

ne ubacuje ta vrijednost, već povećana za dozvoljenu grešku npr. 63 km/h. Na taj način, uopšte se ne bi registrovali prekršaji koji to stvarno nisu, a za veće prekoračenje propisane brzine na prekršajnom nalogu bi to odmah trebalo umanjiti (kao u navedenom primjeru u Hrvatskoj), za vrijednost dozvoljene greške tog mjerila, odnosno metode. Ta 3 km/h, ako su na početku raspona brzine predviđenom za određeni prekršaj, ključni su da li je uopšte bilo prekršaja, ili ne, odnosno, da li se upada u niži dijapazon što samim tim znači i manja zaprijećena kazna. Druge greške, kao kosinusov efekat, nemoguće je dokazivati na sudu jer su nemjerljive, a samim tim i nedokazive.

Nažalost, velika većina vozača ne poznaje ove propise, a čak i oni koji poznaju, radije plate za nepostojeći prekršaj, nego da traže sudsko odlučivanje, što u praksi znači izgubljenih dan-dva vremena, odlazak u nadležni sud, koji najčešće nije u mjestu stanovanja. Zato je potrebno da naučna i stručna javnost izvrši pritsak na ovlaštena službena lica da ne podnose prekršajne prijave, za nedokaziva prekoračenja brzine, koje građane opterećuju sudskim postupcima, ili prihvatanjem sankcije za prekršaje koje po Zakonu nisu počinili.

U narednim izmjenama pravilnika o mjerenju brzine vozila trebalo bi jasno naznačiti da izmjerena brzina nije tačna i da je treba u praksi najmanje umanjiti za dozvoljeno odstupanje instrumenta, odnosno metode, pa zatim tu vrijednost koristiti kao reper za daljnje postupanje u odlučivanju o mogućem prekršaju.

Literatura

[1] Zakon o metrologiji, „Službeni list Bosne i Hercegovine“, broj 19/01,

[2] Zakon o metrologiji u Republici Srpskoj, „Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 132/22,

[3] Pravilnik o mjerilima brzine vozila u saobraćaju, „Sl. glasnik Republike Srpske“ br. 16/2022,

[4] Pravilnik o vrstama i načinu označavanja mjerila prilikom verifikacije, „Službeni list BiH“ br. 75/14,

[5] Pravilnik o mjerilima brzine vozila u saobraćaju, „ Sl. glasnik Republike Srpske“, br. 16/2022,

[6] Pravilnik o merilima brzine vozila u saobraćaju, „Sl. glasnik Republike Srbije“ br. 119/2014, 111/2015, 117/2017 i 50/2019,

[7] Pravilnik o mjeriteljskim i tehničkim zahtjevima za mjerila brzine u cestovnom prometu, „Naredne novine“ br. 60/20 (Službeni list Republike Hrvatske),

[8] Pravilnik o metrološkim zahtjevima za mjerila za kontrolu brzine vozila u pokretu „Sl. list Crne Gore“, 18/2018,

[9] https /simicon.com/products/speed-and-traffic-enforcement/cordon-m/,

[10] https://spytekonline.co.za/spytek-trucam-ii-speed-enforcement-laser-with-video ,

[11] www.researchgate.net/figure/Elements-of-an-inductive-loop-detector_fig1_306268424,

[12] https://www.kyosan.co.jp/english/product/traffic04.html,

[13] Zakona o prekršajima Republike Srpske, „Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 63/2014, 36/2015 Odluka US, broj 110/2016, 100/2017 i 19/2021 , Odluka US.

Dr. sc. Vesna Novak, dipl. inž.[1]
Sunčica Novak, dipl. iur.[1]
Krešimir Novak, dipl. inž.[1]

Pregledni rad
UDK 007.52:656.13.052

UMJETNA INTELIGENCIJA – IZAZOV ODGOJA I OBRAZOVANJA VOZAČA

Sažetak
Umjetna inteligencija je područje znanosti koje intenzivno istražuje primjenu na svim područjima ljudske djelatnosti te je nazočna u svakodnevnim životnim aktivnostima. U transportom sustavu brojni su kompleksni zahtjevi koji zahtijevaju rješenja uz kriterije sigurnosti, pouzdanosti, učinkovitosti, smanjenja troškova, očuvanja okoliša, etc. Uz sve pojmove iz sustava prometa dodaje se pridjev pametna ili inteligentna (pametna logistika, inteligentni transportni sustavi, inteligentna cesta, inteligentno vozilo, …). Čimbeniku vozač (čovjek) ne dodaje se pridjev pametan ili inteligentan. U radu se razmatra mogu li inteligentni sustavi podučavanja (engl. *Intelligent Tutoring Systems*) odgojiti i obrazovati pametnog vozača. Odgoj i obrazovanje „pametnog“ vozača sagledano je u postojećem zakonskom i didaktičko metodičkom okviru.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, odgoj, obrazovanje, vozač

ARTIFICIAL INTELLIGENCE - THE CHALLENGE OF RAISING AND EDUCATION OF DRIVERS

Abstract
Artificial intelligence is a field of science that intensively researches application in all fields of human activities and is present in everyday life. In transport system there are many complex requirements that demand solutions with the criteria of safety, reliability, efficiency, cost reduction, environmental protection, etc. With all terms from the traffic system, adjective “smart” or “intelligent” is added (smart logistics, intelligent transport systems, intelligent road, intelligent vehicle, ...). The adjective smart or intelligent is not added to the factor “driver” (man). The paper examines whether intelligent tutoring systems can raise and educate a smart driver. The raising and education of a "smart" driver is reviewed in the existing legal and didactic methodological framework.

Keywords: artificial intelligence, raising, education, driver

[1]Centar za obrazovanje Novak, Osijek

1. UVOD

Koncept umjetne inteligencije postoji od 1950-ih, ali u posljednjem desetljeću povećane mogućnosti računala i ogromne količine podataka doveli su ga u svakodnevnu upotrebu. Učinci primjene umjetne inteligencije u transportu povećavaju konkurentnost poduzeća, podižu razinu usluge i povećavaju kvalitetu transportne usluge. Transport je jedno od prvih i najširih područja primjene umjetne inteligencije. Kompleksnost djelatnosti transporta i brojna područja koja transport obuhvaća oduvijek predstavlja jedno od područja koja su prva implementirala najnovije tehnologije i inovacije. Unatoč širenju automatizacije i novih paradigmi upravljanja lancem opskrbe, logistika i dalje ovisi o specifičnom skupu vještina i kompetencija, bilo da se radi o upravljačkim, administrativnim ili poslovima kao što su transport ili skladištenje. Ta ovisnost podrazumijeva da na logistički učinak poduzeća, industrije i nacionalnih država snažno utječu količina i najviša kvaliteta radne snage. Izuzetno je važno da pojedinac posjeduje bitne i ključne kompetencije koje su potrebne za rad u struci kao vozač.

Današnje obrazovanje mladih ljudi je usmjereno na razvoj stručnih i općih kompetencija. Zagovornik kompetencijskog pristupa obrazovanju je obrazovna politika koja teži identificirati i selektirati ključne kompetencije koje bi se trebale razvijati na svim stupnjevima odgojno obrazovnog sustava te na njihovoj standardizaciji. Važnost kompetencijskog pristupa u obrazovanju donosi obrazovanju poboljšavanje odnosa između ekonomskih zahtjeva i cijeloživotnog učenja. Da su kompetencije izuzetno važne u obrazovanju govore kompetencije koje su potrebne u području logistike. Pitanje jesu li kompetencije koje se traže na tržištu rada sukladne onima koje se stječu nakon završenih obrazovnih programa, u ovom slučaju se istražuje sukladnost suvremenih tehnoloških dostignuća i obrazovnih programa za vozača (problem zapošljivosti). Rad se odnosi na istraživanje kompetencija vozača u području logistike i podijeljen je u dva međusobno povezana dijela. Prvi dio rada odnosi se na sadašnju paradigmu odgoja i obrazovanja vozača. Objašnjeno je što su kompetencije, koje je značenje kompetencija te studijski programi kojima se stječu kompetencije u području logistike. Drugi dio rada odnosi se na istraživanje i želi se dokazati sukladnost kompetencija koje se nalaze u literaturi i kompetencijama koje su zapravo tražene na tržištu rada te sukladnost tih kompetencija sa studijskim programima koji se odnose na područje logistike posebno transporta i rada vozača. U istraživanju su navedene dvije hipoteze koje će se nakon analize rezultata potvrditi ili odbaciti što govori o uspješnosti provedenog istraživanja. Istraživanje želi potaknuti nove sustave poučavanja koji mogu uskladiti potrebe tržišta i kompetencija vozače koje se stječu nakon poučavanja. Svrha ovog rada je istražiti mogućnosti odgoja i obrazovanja uz korištenje umjetne inteligencije u transportu i njen učinak u maksimiziranju iskoristivosti resursa i zadovoljstvu krajnjeg potrošača, te u smanjenju troškova i, posljedično, povećanju prihoda. Analizom dobivenih rezultata u zaključnim razmatranja predložit će se moguće mjere za drugačiji i suvremeniji sustav podučavanja vozača.

2. UMJETNA INTELIGENCIJA I POUČAVANJE VOZAČA

Kad se počne govoriti o umjetnoj inteligenciji, lako se zaglave u pojmovima kao što su neuronske mreže, algoritmi, strojno učenje i drugo. Nije potrebno sve to razumjeti da biste iskoristili umjetnu inteligenciju. U biti umjetna inteligencija jednostavno je sposobnost stroja da oponaša inteligentno ljudsko ponašanje. Umjetna inteligencija je skup mogućnosti koje omogućuju računalu da učini nešto što bi u prošlosti zahtijevalo ljudsku inteligenciju ili nešto za što bi čovjeku trajalo predugo. Umjetna inteligencija jedna je od sedam dragocjenih novih, moćnih sastavnica 4. industrijske revolucije. To su:

1) umjetna inteligencija,
2) robotika,
3) nanotehnologija,

4) internet stvari (Internet of Things, IoT),
5) autonomna vozila,
6) kvantna računala i
7) 3D tisak (ispis u tri dimenzije).

Umjetna inteligencija u kontekstu transporta se opisuje kroz povijest razvoja umjetne inteligencije i strojnog učenje. Primjena umjetne inteligencije u transportu ogleda se u:

- sustavu nadziranja psihofizičkog stanja vozača;
- inteligentnim transportnim sustavi/sustavi (ITS);[2]
- radiofrekventnoj identifikaciji (RFID TAG);[3]
- globalnom položajnom sustavu (GPS, eng. global postitioning system) tehnologiji globalnog položajnog sustava[4]

Opće prihvaćeni pozitivni aspekti korištenja umjetne inteligencije, optimalna rješenja problema koji se javljaju u procesu upravljanja prometom, potom primjena novih tehnologija u transportu te procesi planiranja, predviđanja i rutiranja. Umjetna inteligencija primijenjena u transportu, kroz podsustav vozila, vidljiva je kod autonomnih automobila ili kao pomoć vozaču. Doprinosi sigurnosti i pouzdanosti procesa upravljanja vozilom, povećava efikasnost te doprinosi očuvanju okoliša. Kada je riječ o transportu, umjetna inteligencija ima veoma široku primjenu i drastično mijenja način na koji se transport odvija, a u prvom redu primjena umjetne inteligencije u prometu dovela je do evolucije (i revolucije) u sigurnosti prometa i njegovoj učinkovitosti. Sigurnost je jedno od temeljnih načela i ciljeva svih vrsta transporta, odnosno prometa općenito, bilo da se radi o transportu ljudi, životinja i roba ili pak informacija i podataka. U ovom kontekstu sigurnost podrazumijeva stanje u kojem su osobe, životinje, dobra i informacije lišeni svake vrste ugroženosti. Jedno od temeljnih načela (i ciljeva) transporta je pouzdanost - svrha prijevoza je da pruži uslugu putnicima (i ostalim korisnicima) na način koji zadovoljava potrebe i očekivanja istih. To znači da korisnici moraju imati povjerenje u prijevoznika. Pouzdanost podrazumijeva ostvarivanje prostornih (dolazak na zacrtani cilj) i vremenskih ciljeva (točnost u polasku i dolasku), te općenito zaštitu ljudi, životinja i dobara koji se prevoze, odnosno dostojanstva, imovine i interesa korisnika.

Dostupni statistički podatci za Republiku Hrvatsku ne mogu potvrditi teorijske spoznaje da primjena umjetne inteligencije rezultira smanjenjem prometnih nesreća (jer autonomni automobili zahvaljujući tehnologiji koja se temelji na umjetnoj inteligenciji, pronalaze najoptimalniji put do odredišta, predviđajući pritom opasnosti i prepreke, kao i udaljenosti), i da uvelike doprinosi i očuvanju okoliša (smanjenje stakleničkih plinova i smanjenju zagađivanja zraka uz smanjenje potrošnje resursa.

Autonomna vozila su ona vozila koja su u mogućnosti obavljati sve funkcije koje imaju i standardna vozila, ali za čije upravljanje nije potreban čovjek, odnosno, to su vozila koja se pokreću samostalno (autonomno), neovisno o ljudskoj intervenciji. Autonomna vozila su sposobna spoznati svoje okruženje i djelovati u njemu bez ljudskoga faktora. S obzirom na razinu autonomnosti, autonomna se vozila dijele u različite kategorije. Različiti autori i organizacije navode različiti broj kategorija, koji se kreće od četiri do šest ili čak sedam kategorija, no u načelu kriteriji razlikovanja kategorija su uvelike slični pa tako kod svih kategorija postoje sljedeće razine:

---

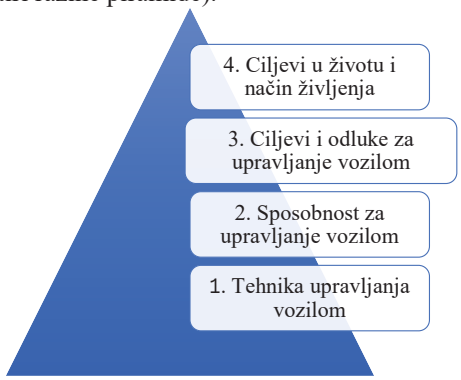
[2] ITS podrazumijevaju niz aplikacija, uređaja, odnosno infrastrukturne opreme te usluga "koji omogućuju upravljačku i informacijsko-komunikacijsku nadgradnju klasičnoga sustava prometa i transporta"

[3] transponder (od transmitter + responder), a riječ je o relativno novoj tehnologiji koja se koristi u praćenju i identifikaciji proizvoda uz pomoć radio valova

[4] (GNSS Global Navigation Satellite System – širi pojam od GPS-a, posebno je važna u transportu, odnosno prometu. Kao prvo, pojava GPS tehnologije u potpunosti je promijenila način navigacije.

- nulta razina (“no automation”), u kojoj je autonomnost vozila minimalna, odnosno riječ je o manualnoj vožnji uz automatizirani sustav koji izdaje razna upozorenja vozaču i može u pojedinim segmentima preuzeti upravljanje ako je situacija hitna,
- prva razina (“hands on”), u kojoj vozilo može samo upravljati, ubrzavati i kočiti, ali uz nadzor vozača,
- druga razina (“hands off”), u kojoj vozilo obavlja zadatke vožnje pri čemu je vozač odgovoran za nadzor i mora biti spreman u svakom trenutku intervenirati u vožnju ako procjeni da sustav ne obavlja zadatak adekvatno,
- treća razina (“eyes off”), u kojoj vozilo upravlja samostalno svojom putanjom, dovoljno da vozač može skrenuti pogled s ceste, no u pravilu je riječ o jednostavnim i poznatim putanjama,
- četvrta razina (“mind off”), u kojoj je vozilo samostalno do te mjere da ne zahtijeva pozornost vozača, no riječ je o vožnji koja može biti ostvarena u kontroliranim uvjetima, odnosno u ograničenom prostoru ili posebnim okolnostima te izvan tih uvjeta vozilo mora samostalno prekinuti vožnju i prepustiti je vozaču,
- peta razina (“steering wheel optional”), u kojoj je vozilo samostalno do te mjere da uopće nije potrebna prisutnost vozača, riječ je o razini potpune automatizacije u kojoj vozač sudjeluje jedino tako što određuje odredište i točke putovanja.

Jedna od najvažnijih komponenti za dobro funkcionirajući sustav osposobljavanja za vožnju su visokokvalificirani kompetentni učitelji u autoškoli koji posjeduju odgovarajuću nastavnu sposobnost da istaknu sva potrebna znanja i vještine za vožnju, aspekte koji utječu na povećanje rizika vožnje i potrebu za vlastitom ocjene vožnje. Učitelji u autoškolama moraju poučavati kandidate za vozače vodeći računa o vozačkim preduvjetima koji utječu na ponašanje vozača i sigurnost prometa (sve četiri razine piramide).



Slika 1. Piramida preduvjeta za vožnju

Jasno je da sustav poučavanja vozača koji je spomenut ne pokriva sadržajno cijelu piramidu. Učitelji moraju biti svjesni važnosti svih hijerarhijskih razina koje utječu na prikladnost vožnje. Također je moguće saznati i razumjeti zašto sve strategije podučavanja ne donose očekivane rezultate. Dodatno poznavanje tehnika vožnje i upravljanja vozilom u kritičnim situacijama (manevri klizanja, kočenja i naglog kočenja) mogu povećati sigurnost vozača. Oni na višim hijerarhijskim razinama motivirani su da povećaju svoju sigurnost u vožnji korištenjem novih vještina za proširenje sigurnosnih granica. Naravno, u isto vrijeme može biti štetno za sigurnost vožnje da vozači imaju opasne zahtjeve na višim razinama, zbog želje za senzacijama ili zbog pripadnosti skupinama mladih čije norme potiču opasnu vožnju... Za učitelje, razumijevanje svih navedenih razina je ključno, s ciljem da se strategija poučavanja prilagodi svakom pojedincu te da kandidat za vozača razumije sve čimbenike vožnje.

U brojnoj literaturi raspravlja se i pitanje ima li umjetna inteligencija svijest. Sadašnji sustavi umjetne inteligencije ne pretendiraju biti kognitivno vjerodostojni, odnosno ti sustavi ne rješavaju probleme na isti način kao što to čine ljudi. Uspješno rješavanje neki problem ne znači da umjetna inteligencija radi koristeći iste kognitivne procese kao čovjek. Pitanje svijesti pri korištenju umjetne inteligencije nije besmisleno ili irelevantno ali nije predmet ovog istraživanja.
U posljednjih desetak godina umjetna inteligencija je znatno napredovala. Neka od posljednjih vrhunaca primjene umjetne inteligencije:

- ✓ Atlas: humanoidni robot
- ✓ VoiceTra strojno prevođenje u stvarnome vremenu
- ✓ DeepMinds's AlphaGo
- ✓ Neuronsko strojno prevođenje
- ✓ AlphaGo Zero
- ✓ ChatGPT
- ✓ Cicero
- ✓ AlphaFold

Gdje su rješenja za poučavanja vozača u autoškolama? U autoškolama rade instruktori i predavači koji su svoje obrazovanje završili prije više desetljeća po vrlo različitim nastavnim programima. Suvremena tehnologija s mogućnosti prezentacije statičkih i dinamičkih prikaza predstavlja problem izbora i izazov koji većinom završi tehnicizmom (korištenje tehnike radi tehnike, a ne radi dostizanja didaktičkih ciljeva). Generacijski jaz ogleda se u činjenici da generacija X (većinom vlasnici autoškola i ima ih iz baby boom generacije) i generacija Y (većinom instruktori) osposobljavaju generaciju Z. U svakodnevnom iskazivanju nezadovoljstva napretkom osposobljavanja navodi se izraz „ne razumijem ih“. Generacijskim raslojavanjem, bez volje za međusobnim upoznavanjem, uz nepoštivanje vrijednosti koje svaka generacija donosi kao „miraz“ čovječanstvu, stvara se nepopravljiva šteta ne samo u sociološkom smislu, nego i razvojnom. Digitalni jaz se nekada koristio za opisivanje različitih brzina usvajanja tehnologija od strane različitih društvenih grupa. U novije vrijeme, međutim, pristup internetu sve se više smatra primarnom prednosti koju mnoge tehnologije mogu pružiti u tome što predstavlja nevjerojatnu zalihu znanja i resursa. U tom se smislu digitalna razlika može smanjiti kako se jeftiniji mobilni uređaji šire i ako se mreža pokriva širom svijeta. Starije osobe, starije životne dobi, moraju biti u skladu s modernom tehnologijom ako žele ići u korak s vremenom. Kolike su razlike u stupnju formalnog obrazovanja rezultira razlika u kompetencijama za obavljanje složenih poslova predavača i instruktora vožnje. Mogu li svi biti aktivni u organizaciji projektne nastave, pedagoško vođenje kandidata i upravljanje grupama u skladu sa suvremenim trendovima i teorijama učenja, škole i kurikuluma? Osim problema stupnja općeg obrazovanja potrebno je sagledati starosnu dob i radno iskustvo zaposlenika u autoškoli. Nudi li takva kadrovska struktura upravljanja mogućnost kreativnih instruktora za inovacije u procesu osposobljavanja? Većina instruktora poziva se na činjenicu da mora realizirati program i da nema vremena za inovacije. Program osposobljavanja zasnovan je na minimalnom broju sati i normativnom vođenju evidencije realiziranih sati. Pisana priprema za izvođenje nastavnog sata predstavlja osnovu za nadzor i kvalitetu osposobljavanja (rada). Neki podrazumijevaju da se samo zamjenom ciljeva u ishode učenja ostvaruje stvaralački doprinos u nastavi. Formalnom zamjenom u pripremi ne ostvaruje se stvaralaštvo niti se dostižu odgojno obrazovni ishodi (učenička postignuća).
Pod postignućima podrazumijevaju se kompetencije (očekivana znanja, vještine i sposobnosti) koje kandidat mora steći i moći pokazati po uspješnom završetku određenog stupnja edukacije. Većina autora predlaže da se za izbor glagola po pojedinim područjima ishoda koristi Bloom-ova taksonomija odgojno-obrazovnih ishoda.

3. ISTRAŽIVAČKA PITANJA I REZULTATI

Svaka se osoba razlikuje po načinu na koji obrađuje i pohranjuje informacije te zbog toga postoje različiti načini i stilovi učenja. Kako bi se ti načini i stilovi prepoznali te kako bi se poboljšao proces pohrane informacija u e-učenju korištene su razne metode umjetne inteligencije. Pametno obrazovanje jedno je od najbitnijih područja pametnog grada. Umjetna inteligencija pruža svakom polazniku inteligentnog, osobnog učitelja. Podučavanje jedan na jedan najučinkovitiji je pristup učenju. Nažalost, to jednostavno nije realno jer nikada neće biti dovoljno učitelja za sve učenike te jer je veoma nepristupačan način podučavanja. Kako bi se to riješilo nastali su inteligentni sustavi podučavanja (engl. *Intelligent Tutoring Systems(ITS))* koji koriste tehnike umjetne inteligencije za simuliranje individualnog podučavanja ljudi pružajući aktivnosti koje najbolje odgovaraju kognitivnim potrebama polaznika i ciljanih i pravovremenih povratnih informacija bez prisutnosti učitelja. Inteligentna virtualna stvarnost omogućuje polaznicima učenje u autentičnim okruženjima u kojima se inače ne bi mogli naći, kao što su opasna okruženja ili okruženja koja su zemljopisno ili povijesno nedostupna. Velika prednost ovog načina učenja je istraživanje različitih scenarija i prenošenje tog znanja u stvarni svijet. Umjetna inteligencije u ovom tipu učenja poboljšava virtualni svijet, omogućavajući prirodnije interakcije na korisnikove radnje u virtualnom svijetu.

Količina tehničkih i tehnoloških rješenja dovodi do porasta funkcionalnosti u vozilima što dovodi do povećanja i složenosti interakcija. Teretni automobili zbog dodatnih funkcija imaju složenija radna mjesta. Vozač se opterećuje golemom količinom kontrolnih podataka što posljedično dovodi do smanjenje upotrebljivosti podataka. Teretni automobil nije samo prijevozno sredstvo već i radni alat čime raste značaj njegove upotrebljivosti. Mentalni model odnosi se na kako vozač misli da sustav funkcionira tj. definira znanja o vlastitim mogućnostima interakcija uz razumijevanje djelovanja sustava. Razlike između mentalnih modela i stvarnog ponašanja sustava dovode do zabune o trenutnom stanju i mogućih tragičnih nesreća. Mentalni modeli nastaju sintezom prethodnih znanja i novih informacija. Stvaranje novih mentalnih modela zahtjeva kognitivne napore svih korisnika i kreatora jer je vrlo mala korisnost za prilagodbu postojećih modela. U pitanju su kompleksne mehaničke, bio-mehaničke, psihološke i druge relacije koje određuju ponašanje promatranog dinamičkog sustava s osnovnim čimbenicima: vozilo, čovjek (vozač), cesta.

Sadašnje stanje osposobljavanja kandidata za vozača i daljnja usavršavanja vozača moguće je spoznati deskriptivnom metodom zakona[5], pravilnika[6] i inih dokumenata[7]. Višegodišnji rad u području edukacije vozača (sustavno) promatranje dovode do izbora glavne metode prikupljanja podataka za ovaj rad. Kvalitativno prikupljanje podataka kroz intervju stručnih voditelja, predavača i vlasnika autoškola s područja svih Regionalnih ispitnih centara nerazmjerno su zastupljeni zbog odbijanja sudjelovanja. Protokol pitanja zatvorenog i otvorenog tipa. Sudionici su stručne osobe autoškole s višegodišnjem iskustvom u osposobljavanju vozača. Predmet istraživanje – intervjua je širi od predmeta članka te se navode samo zanimljivi odgovori. Neka od predviđenih i postavljenih pitanje za ekspertnu analizu odnose se na:

- ✓ pojam i sadržaj umjetne inteligencije
- ✓ navođenje alata umjetne inteligencije u obrazovanju vozača

---

[5] Zakon o sigurnosti prometa na cestama
(NN, broj 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17, 70/19, 42/20, 85/22, 114/22)

[6] Pravilnik o osposobljavanju kandidata za vozače (NN, broj 132/17, 6/18, 102/20)

[7] EU Bijela knjiga o umjetnoj inteligenciji, Hrvatska nacionalna strategija za razvoj umjetne inteligencije i akti Europskog saveza za umjetnu inteligenciju, te ino

- ✓ umjetna inteligencija u podsustavu vozila
- ✓ prilagodba nastavnog plana i programa u suvremenom poučavanju
- ✓ procjena hoće li umjetna inteligencija zamijeniti učitelje
- ✓ izgled i oprema učionice s umjetnom inteligencijom
- ✓ kompetencije vozača u prijevozu tereta i putnika
- ✓ ekspertni sustav znanja o metodici poučavanja vozača
- ✓ kako se mentalni model korisnika može ugraditi u proces dizajna i razvoja prilagodljivih korisničkih programa poučavanja (predznanja)
- ✓ kojim osnovnim elementima opisujemo mentalni model vozača kamiona i kako se on može mjeriti
- ✓ koji je početni mentalni model vozača osobnog automobila prije interakcije s sučeljem teretnih automobila
- ✓ problem zapošljivosti radne snage
- ✓ životni ciklus učenja
- ✓ primjena umjetne inteligencije u obrazovanju dokida svrhu postojanja autoškola

Jedna od zanimljivosti je odgovor da većina intervjuiranih smatra skup naprednih tehnologija i sustava aktivne sigurnosti (koji pridonosi smanjenju rizika od prometnih nesreća i čini vožnju lagodnijom) na vozilu umjetnom inteligencijom. Predloženi odgovori:

- sustav automatskog kočenja kod opasnosti od sudara sa i bez detekcije pješaka (eng. PCS - Pre-Collision System);
- sustav upozorenja prilikom napuštanja prometne trake s pomoći i korekcijom upravljača (eng. LDA - Lane Departure Alert);
- sustav automatskog prebacivanja između dugih i kratkih svjetala (eng. AHB - Automatic High Beam);
- sustav prepoznavanja prometnih znakova (eng. RSA - Road Sign Assist);
- tempomat s prilagodbom brzine pomoću radara (eng. ACC - Adaptive Cruise Control);
- jednostavni inteligentni sustav parkiranja (eng. IPA - Intelligent Park Assist);
- nadzor mrtvog kuta (eng. BSM - Blind Spot Monitoring);
- detekcija stražnjeg poprečnog prometa (eng. RCTA - Rear Cross Traffi c Alert).

To nije umjetna inteligencija već elektronička pomagala vozača za dobivanje informacija zbog ne savršenstva ljudskog organizma. Isti se ne smiju koristiti na ispitu iz upravljanja pa se oni ne pojašnjavaju zbog nedostatka vremena i njihovo poznavanje nije značajno za dobivanje vozačke dozvole. Tijekom procesa osposobljavanja u neformalnim razgovorima (namjerno potaknutim) više od dvije trećine kandidata nije zainteresirano za rad vozača u transportu kakav je danas u Republici Hrvatskoj. Neki od dominantnih razloga su:

- radno vrijeme (raspored i zahtjevi poslodavaca),
- sigurnost zaposlenja (pravna i socijalna),
- plaća i
- percepcija prekvalificiranosti.

Postoji spremnost i volja za obrazovanje, više od polovine kandidata, pokazuju interes za učenjem nove vještine u području autonomne vožnje teretnih automobila. Strojno učenje je posvuda pa i transport nije izuzetak. S obzirom na ogromnu količinu podataka koju industrija generira putem povezanih vozila, elektroničkih uređaja za bilježenje, senzora, vjerojatno će dobiti još više na snazi. Neka područja u kojima se strojno učenje već primjenjuje u transportu uključuju automatizaciju pozadinskih ureda, optimizaciju ruta, prediktivno održavanje i razvoj kompetencija vozača. Strojno učenje je ključna komponenta u razvoju tehnologija kao što

su platooning i digitalne platforme za usklađivanje opterećenja . Rješenja koja može umjetna inteligencija u sadašnjosti donijeti obrazovanju:

- individualizirano učenje umjesto standardnih kurikula (realno još uvijek planovi i programi),
- ocjenjivanje u realnom vremenu bez višestrukih izbora,
- virtualni asistenti kako pitanja ne bi ostala bez odgovora,
- komunikacija sa svim dionicima sustava,
- analiza i zanimljivost usvajanje sadržaja i
- bez plagijata uz utvrđivanje obrazaca i izvornih podataka.

Razvoj simulacije proizašao je prije svega zbog potrebe za očuvanjem sigurnosti svih dionika prilikom usvajanja znanja. Sve kompliciranija oprema koja se koristi u moderno organiziranom transportu i postupanja, zahtjeva praktično iskustvo koje poslodavci često zbog obima posla ne mogu kvalitetno nadomjestiti dopuštajući djelatniku individualizirani pristup i dovoljno vremena za usvajanje znanja. Nedovoljan broj prilika za usavršavanje dovelo je do razvoja specifičnih kabineta za trening vještina koji se kreću od jednostavnih prostorija pa do tehnički naprednih simulacijskih centara koji vjerno opisuju moderno vozačko okruženje. Razvijaju se modeli za trening koji prate potrebe djelatnika s obzirom na njihove kompetencije, od osnovnih modela za trening vještina pa do naprednih vozačkih i virtualnih simulatora koji omogućuju simulaciju složenih postupaka u specifičnim prometnim situacijama. Na svjetskoj razini razvijaju se standardi za funkcioniranje modernih simulacijskih centara i novi pristupi simulacijskom učenju. Metoda rada u simulacijskom centru detaljno je razrađena te prati model učenja kroz iskustvo. Ključni elementi simulacije kao edukativne metode u transportnoj djelatnosti s ciljem da se osigura radno okruženje koja će pružati osjećaj rada što sličnijim realnim prometnim uvjetima. Zašto simulator smatraju igricom koja se može preuzeti s neke web stranice? Najžalosnije je da je to prevladavajuće mišljenje instruktora vožnje koji sebe nazivaju učiteljima vožnje. Obrazovanje profesionalnih vozača, osvježavanje znanja, kontinuirano obrazovanje, poboljšanje vještina ili osposobljavanje vozača početnika vozača na simulatoru nudi mjerljive prednosti. Uz realno obrazovanje na simulatoru moguće je stvoriti sigurnije, učinkovitije vozače koji će zaštititi vozni park svojim optimalnim vozačkim vještinama. Simulatori nude realističnu opremu za vježbanje vožnje u kontroliranom simulacijskom okruženju niskog rizika za izgradnju samopouzdanja i razvoj učinkovitih vještina.

Prednosti korištenja simulatora u obrazovanju vozača:

- imerzivne[8] komponente za oponašanje stvarnih uvjeta na cesti,
- poboljšano zadržavanje koncepta uz praktičnu interakciju,
- smanjeni broj nezgoda i mjerljiva poboljšanja sigurnosti,
- uvođenje napretka u industriji novim i iskusnim vozačima,
- omogućavanje sigurnijih, učinkovitijih vozača,
- razumljive vještine modifikacije ponašanja i
- trenutačne povratne informacije temeljene na rezultatima i korektivne smjernice.

Dugogodišnja istraživanja otkrila su da suradnja učenika, u paru ili grupi može znatno poboljšati rezultate učenja. Grupno učenje i učenje u paru je učinkovito jer potiče učenike da

[8] Riječ „imerzivno“ dolazi od engleske riječi „immersive“ koja označava, u kontekstu virtualne stvarnosti, generiranje trodimenzionalnog prikaza koji izgleda kao da okružuje korisnika. U općem kontekstu predstavlja uživljavanje osobe u neku aktivnost u kojoj trenutno sudjeluje. Kod virtualne stvarnosti se to postiže korištenjem posebnih uređaja VR naočala. One približavaju virtualni svijet stvarnom tj., kad se nalazimo u virtualnom svijetu, simuliraju vizualne i auditivne podražaje koje bismo doživljavali i u stvarnom svijetu.

opravdaju svoje mišljenje, čuju i razmišljaju o mišljenjima drugih, rješavaju probleme i razlike kroz konstruktivan razgovor te izgrađuju zajedničko znanje. Grupno učenje također može povećati motivaciju jer ako je učenicima stalo do grupe i ostalih članova vjerojatno je da će se više baviti zadatkom. Međutim istraživanja su također dokazala da se suradnja učenika ne događa spontano, jer članovi grupe možda nemaju potrebne vještine socijalne interakcije za učinkovitu suradnju. Tu u pomoć dolazi umjetna inteligencija koja kroz četiri pristupa omogućuje kreiranje najučinkovitijih grupa. Ti pristupi su kreiranje adaptivnih grupa, stručno usmjeravanje, virtualni agenti i inteligentno nadgledanje. Pri kreiranju adaptivnih grupa sustavi umjetne inteligencije u grupe stavljaju učenike jednakih ili sličnih interesa, približnih kognitivnih sposobnosti ili učenike koji donose različite ali komplementarne vještine i znanja. Sustavi za stručno usmjeravanje pomoću umjetne inteligencije prepoznaju kada grupa ima poteškoća u razumijevanju. Inteligentni virtualni agenti sudjeluju u radu grupe na jedan od tri načina: kao iskusni predavač koji podučava grupu, kao virtualni učenik na sličnoj kognitivnoj razini grupe koji predstavlja nove ideje ili kao umjetni učenik kojega učenici trebaju naučiti određenu vještinu. Pri grupnom radu teško je pratiti sve podatke i informacije u grupi. Učiteljima pomažu sustavi za pametno nadgledanje koji obavještavaju učitelja da je grupa „skrenula“ s teme te da im treba pomoć. Velika prednost ovakvih sustava je omogućavanje učenicima s nižim uspjehom da izgrade svoje samopouzdanje i postanu uspješni virtualni znanstvenici.

4. Zaključno razmatranje

Mnogo više od proučavanja davno zastarjele literature i proučavanje prevladanih teorija i pedagoških paradigmi (historicizam u studijskim programima) na ustanovama za bilo koja učiteljska zanimanja treba preferirati strategije aktivnog učenja kao što su pedagoške radionice, radionice budućnosti, projektna nastava, igre i simulacije. Obrazovni sustavi trebaju prilagođavati svijetu u kojem živimo, uključujući tehnologiju koju razvijamo. Često i nerijetko s razlogom nezadovoljni smo promjenama u sustavu obrazovanja. Obrazovanje je enormno složeno, pozadinski fenomeni podučavanja i usvajanja znanja su sofisticirani, broj aktera i uloga u sustavu je vrlo velik, paradigme podučavanja su brojne, a učinci promjena manifestiraju se tek nakon nekoliko desetljeća. Razvoj i široka primjena umjetne inteligencije dovode do preslagivanja odgovornosti za kognitivne vještine: neke vještine delegirat ćemo na umjetnu inteligenciju, neke ćemo željeti zadržati za sebe jer su važne i instrumentalne za druge vještine, a istovremeno će se razviti neke nove vještine sukladno novim potrebama na tržištu rada. Istovremeno obrazovni sustavi polako će se prilagoditi i napraviti svojevrsnu trijažu kognitivnih vještina kako bi se podučavale one koje su potrebne u eri umjetne inteligencije. Već danas su fantastične mogućnosti primjene umjetne inteligencije u podučavanju, kako u okviru institucionaliziranih sustava, tako i u samoučenju, i bila bi velika šteta ne iskoristiti te mogućnosti.

Potrebno je radikalno promijeniti sustav odgoja i obrazovanja. Postojeći model je vrlo jednostavan, linearan, a obuhvaća namjerno učenje, visoku razinu samoregulacije, predmetnu usmjerenost, vrednovanje naučenog, fiksnu lokaciju, te zadano vrijeme. Postojeći model (paradigma) u vrijeme umjetne inteligencije nisu održivi. Korisnika digitalnih tehnologija i umjetne inteligencije je puno, no premalo je stvaratelja. U prijelaznom razdoblju, do većeg broja stvaratelja, moguće je koristiti u edukaciji vozača model Trener vozača. Trener mora kandidate poticati, biti animator, znati na primjeren način prenijeti znanja i vještine, komunikator, i pronaći adekvatni oblik ukazivanja na pogreške i napredak kandidata, mora biti i terapeut. Trener mora pronaći adekvatne načine poučavanja, biti pozoran, mora biti usmjeren na kandidata i na sadržaj, biti motiviran za svoj rad, omogućiti aktivno sudjelovanje i pronaći primjerene sadržaje koji vode ishodima učenja.

Treba li odustati od digitalnog? Nipošto. Škola danas mora dovesti učenike do situacije da ta mlada osoba može riješiti problem i donijeti odluku. Moramo razvijati inovativnost i kreativnost – kako učiti, kako komunicirati, surađivati, biti informacijski i digitalno pismeni, u komunikaciji, u suradnji. Odgoj i obrazovanje zasnovano na intenzivnijem ljudskom kontaktu postaje još važnije. Škola će morati biti fleksibilnija, manje ovisna o vremenu i lokaciji. Digitalna tehnologija može omogućiti odgoj i obrazovanje prilagođeno nečijem razvojnom stadiju, kao dopuna situacijskom učenju, uz praćenje razvoja viših kognitivnih procesa.
Umjetna inteligencija može prilagoditi učenje, pružiti učenicima kontinuiranu procjenu i povratne informacije te primjenjivati analitiku učenja kako bi se razlikovao postupak učenja, tako da je prilagođen pojedinačnim potrebama učenika u stvarnom vremenu.

Bibliografija – literatura

1. Andrilović, V., Čudina, M.: Psihologija učenja i nastave, Školska knjiga, Zagreb. 1996.
2. Divić, A.: Kako upravljati motornim vozilom, AMS Hrvatske, Zagreb.
3. Hoškovec, J., Štrikar, J.: Poduka vozača i psihologija, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb.
4. Kolenc, J.: Metodika obuke vožnje, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1992.
5. Kyriacou, C.: Temeljna nastavna umijeća, prijevod, Educa. Zagreb, 1997.
6. Matijević, M.: Učiti po dogovoru, Birotehnika, Zagreb, 2000.
7. Mijatović, A.: Osnove suvremene pedagogije, Hrvatski pedagoški književni zbor, Zagreb, 1999.
8. Miljković, D., Đuranović, M., Vidić, T., Odgoj i obrazovanje iz teorije u praksu, Učiteljski fakultet u Zagrebu, Zagreb, 2019.
9. Petz, B.: Uvod u psihologiju, prijevod, Ministarstvo unutarnjih poslova, Zagreb, 1992.
10. Poljak, V.: Didaktika, Školska knjiga, Zagreb, 1991.
11. Skupina autora: Osnove Didaktike, Školske novine, Zagreb, 1993.
12. Turković, I.: Nastava strukovno-teorijskih predmeta u srednjim školama, Informator; Zagreb, 1997.
13. Turković, I.: Planiranje i programiranje obrazovanja odraslih, Informator, Zagreb, 1998.
14. Turković, I.: Praćenje, vrednovanje i ocjenjivanje učenika u praktičnoj nastavi, Zagreb, 1996.
15. Vanderbilt, T.: Vožnja, Algoritam, Zagreb, 2011.
16. Zagorec, J., Perotić, V.: Prometna psihologija i kultura, Škola za cestovni promet, Zagreb, 1997.
17. Priručnik za osposobljavanje i polaganje vozačkog ispita A1, A2, A, B i BE kategorije vozila, Prometni propisi i sigurnosna pravila, Hrvatski autoklub, Zagreb, 2010.
18. Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN, broj 67/08 , 48/10 , 74/11 , 80/13 , 158/13 , 92/14, 64/15, 108/17, 70/19, 42/20, 85/22, 114/22)
19. Pravilnik o osposobljavanju kandidata za vozače (NN, broj 132/17, 6/18, 102/20)
20. Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama (NN, broj 85/16, 24/17, 70/19, 60/20.)

“ *Da sam pitao ljude što žele, rekli bi brže konje.* ”
Henry Ford

Prof. dr. Miodrag Tojagić [1]
Goran Kojić [2]
Marković Bojan[3]

Stručni rad
UDK 656.1.053:519.872.6

ADAPTIBILNI SISTEMI ZA UPRAVLJANJE SAOBRAĆAJEM

Sažetak

U današnje vrijeme veliki broj gradova se suočava sa problemima porasta, ali i promjenjivosti transportnih zahtjeva. U skladu sa tim gradske i državne vlasti se sve više koncentrišu na efikasno korišćenje raspoložive infrastrukture kroz napredno upravljanje saobraćajem. Rješavanjem ovog problema dobija se osnova za postepeni razvoj i upravljanje saobraćajem u gradovima upotrebom računara i informacionih tehnologija, zbog čega su kao posljedica nastali sofisticirani sistemi.

Zbog toga primarni cilj ovog rada jeste kratka analiza najpoznatijih, ali i manje poznatih adaptibilnih sistema za upravljanje saobraćajem, kako bi se široj i stručnoj javnosti približili njihovi načini funkcionisanja, karakteristike, mogućnosti, prednosti i nedostaci.

Ključne riječi: Sistemi, adaptibilni, senzori, upravljanje, saobraćaj, pametni gradovi

Abstract

Nowadays, a large number of cities are facing the problems of growth, but also of changing transport requirements. Accordingly, city and state authorities are increasingly concentrating on the efficient use of available infrastructure through advanced traffic management. Solving this problem provides the basis for the gradual development and management of traffic in cities using computers and information technologies, which resulted in the creation of sophisticated systems.

Therefore, the primary goal of this paper is a brief analysis of the most well-known, but also lesser-known adaptive systems for traffic management, in order to bring their ways of functioning, characteristics, possibilities, advantages and disadvantages to the general and expert public.

Keywords: Systems, adaptive, sensors, management, traffic, smart cities

1. Adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem

Adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem predstavljaju kompleksan alat za pobošljavanje uslova u saobraćajnim tokovima na auto-putevima, brzim putevima i mnogim drugim zonama u kojim se koriste. Mnoge gradske institucije koje su nadležne za pitanje saobraćaj, posebno one koje u svojoj nadležnosti imaju veliki broj semaforiziranih raskrsnica

[1] Prof. dr Miodrag Tojagić, vanredni profesor na Evropskom fakultetu Brčko distrikt, Saobraćajni fakultet
[2] Goran Kojić, apsolvent na Evropskom univerzitetu Brčko ditrikt, Tehnički fakultet – drumski saobraćaj
[3] Bojan Marković apsolvent na fakultetu FIMEK u Novom Sadu

na kojima se mogu primjetiti velike raznolikosti po pitanju saobraćajnih zahteva,donose odluke da instaliraju neke od adabtipilnih sistema za upravljanje saobraćajem. Međutim veliki broj ASUS[4] proizvode različite kompanije koje se nadmeću na tržištu, gdje osim informacija koje se mogu dobiti od samih proizvođača imamo i podatake dobijene iz različitih studija sprovedenih širom svijeta. Možemo reći da je vrlo oganičena količina informacija koja je dostupna o detaljima i načinu rada ovih sistema, zbog same zaštite njihove intelektualne svojine i krivotvorenja odnosno plagiranja.

Osnovni zadaci koji se postavljaju pred ove sisteme su povećanje efikasnosti reakcija na vandredne i incidentne situacije na mreži, održavanje visokog stepena bezbjednosti i smanjenje troškova aužiriranja fiksnih signalnih planova. Adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem predstavljaju veoma važan faktor modernih ITS[5] platformi. Razvoj računara i novih tehnologija, omogućio je kreiranje kompleksnih sistema namijenjenih upravljanju radom svjetlosnih signala i znakova duž koordinisanih zona ili saobraćajnica. Veliki broj sistema je svoj put i nastanak započeo u vidu istraživačkih projekata, međutim danas ih veliki broj kompanija nudi kao komercijalne mreže i proizvode.

2. Razvoj sistema za upravljanje saobraćajem

Principi adaptibilnog upravljanja saobraćajem je prvi koristio engleski inženjer (za područje saobraćaja) Miler [6] koji je još 1963. godine predložio strategiju koja je u sebi obuhvatala i sadržala model koji je obračunavao vremenske uštede i gubitke. Kombinovao je navedene kriterijume, vremenske uštede i gubitke, u različitim stanjima sa ciljem optimizacije indeksa performansi sistema. Iz ovih istraživanja razvijen je niz metoda za adaptibilno upravljanje saobraćajem:

1. Prva generacija su „fixed time“ ili sistemi adaptibilno upravljanje koji se sastoje iz programa koji su nastali analizom istorijskih podataka sačuvanih u memoriji računara.
2. Sistemi druge generacije podrazumevaju i uključuju kreiranje i primjenu planova stanja u realnom vremenu, preko tehnika koje se baziraju na podacima koji se dobijaju sa detektorima.
3. Sistemi treće generacije su potpuno prilagodljivi uslovima u saobraćaju; parametri vremena trajanja signala se moraju kontinualno mijenjati da bi se rad svjetlosnih signala prilagodio trenutnim vrednostima promenjivih u saobraćajnom toku.

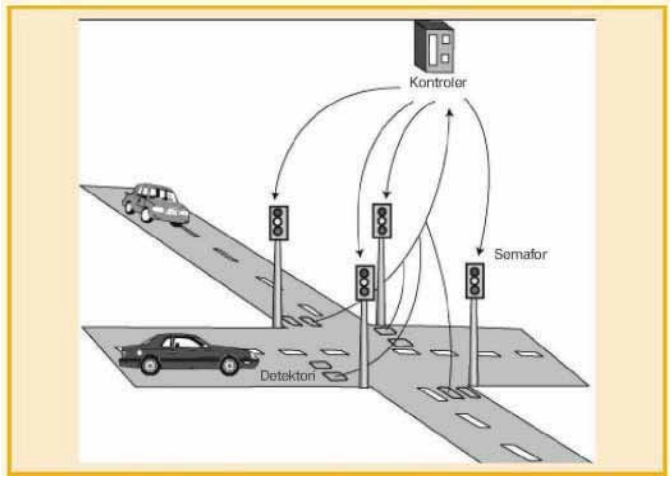
[4] Adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem
[5] Inteligentnih transportnih sistema
[6] Engl. Alan J. Miller

Slika 1. *Adaptibilno upravljanje saobraćajem* [7]

3. „SCATS“

„SCATS“ [8] je jedan od najstarijih i globalno najzastupljenih sistema za upravljanje saobraćajem. Osnovnu jedinicu ovakvog sistema predstavljaju podsistemi odnosno regioni koji zapravo definišu grupe raskrsnica sa koordinisanim radom signala. Svaki region ima jednu kritičnu raskrsnicu na osnovu koje se određuje ciklus za sve raskrsnice unutar regiona.

„SCATS“ sistem je adaptibilni sistem koji je heuristički, a pri tome ne koristi saobraćajne modele i decetralizovan je.



Slika 2. *Adaptivno upravljanje svjetlosnim saobraćajnim znakovima*

[7] Slika pokazuje kako i na koji način funkcioniše *ASUS;* dakle možemo uočiti da imamo prisustvo detektora na ulučnoj – gradskoj mreži, gdje zatim podaci sa tih detktora odlaze u kontrolu sobu kojom upravlja čovjek

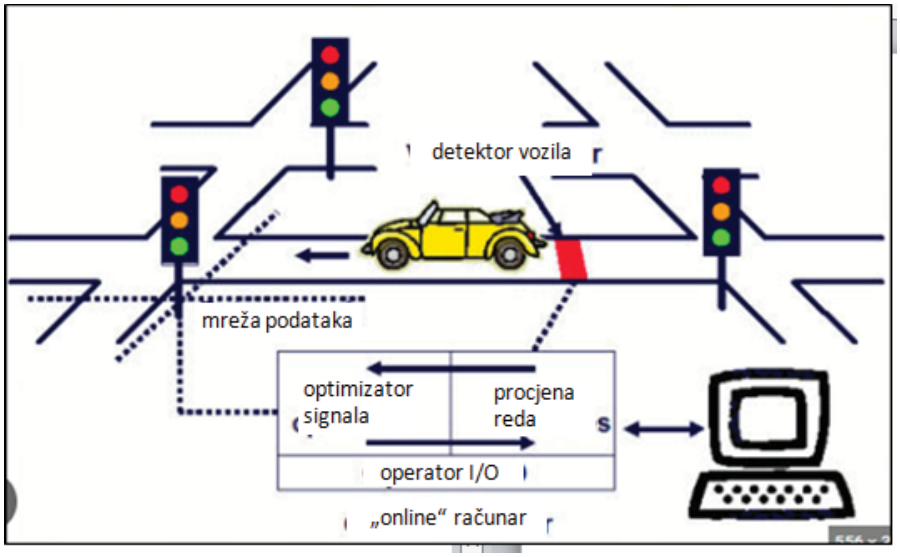
[8] Engl. – The Sidney Coordinated Adaptive Traffic System

4. „SCOOT“

„SCOOT“ [9] je adaptibilni sistem za upravljanje saobraćaja uveden u upotrebu 1979.godine i od tada je instalirana u velikom broju gradova na nekoliko kontinetata. Sistem ima centralizovanu arhitekturu i namenjen je za guste saobraćajne mreže. Detektori se poziciraniraju daleko od raskrsnice (100 – 300 metara), a mana se ogleda u tome što se kasno registruju zasićeni i opterećeni uslovi u saobraćaju.

Optimizacije u okviru „SCOOT“ sistema se vrše „Hill climbing“ metodom, a cilj optimizacije je minimizacija indeksa perfomansi –IP. Postoje tri optimizacione procedure:

1. Optimizacija dužina ciklusa – vrši se na 2,5 do 5 minuta prema kriterijuma maksimalnog samnjenja vremenskih gubitaka u postepenim promenama od 4,8 do 16 sekundi.
2. Optimizacija pomaka – vrši se svakog ciklusa za svaki čvor sa njegovim raskrsnicama koje se nalaze u nesporednoj blizini, prema kriterijumu smanjenja vremenskih gubitaka i broja zaustavljanja; promjene se vrše postepeno u intervalima od -4, 0 i +4 sekunde.
3. Optimizacija trajanja zelenih vremena/ciklusa – vrši se za svakog stanje sa kriterijumom jednakosti zasićenosti saobraćajnih tokova, moguće su promene -4,+4 sekunde.



Slika 3. *Princip funkcionisanja „SCOOT“ sistema*

[9] Engl. – Split Cycle Offset Optimisation Technique

5. „UTOPIA“

„UTOPIA“ [10] je adaptibilni sistem za upravljanje saobraćajem koji je prvi put primjenjen na širem području Torina 1984.godine. Sistem ima modularnu i distribuisanu strukturu koja je organizovana u 2 nivoa: zonsko i lokalno upravljanje. Oba nivoa imaju po dva modula: posmtrački i upravljački.

Posmatrački modul zonskog upravljanja koristi makroskopski model, vrše predikciju zahteva i ruta kretanja u intervalima od 3 minute, dok upravljački modul vrši optimizaciju mrežne funkcije – ukupno vreme putovanja na osnovu brzine vozila i zasićenih tokova u intervalima od 30 minuta. Nivo lokalnog upravljanja čine „SPOT“ jedinice u kontrolerima.

6. „OPAC“

„OPAC“ [11] je distribuisana strategija za upravljanje koju karakteriše alogroritam za dinamičku optimizaciju koji proračunava trajanja signalnih pojmova sa ciljem minimalizacije funkcije performansi – ukupnih vremenskih gubitaka i broja zaustavljanja na raskrsnicama. Algoritam koristi izmerene i modelirane saobraćajne zahteve da odredi trajanja stanja koja su ograničena sa minimalnim i maksimalnim zelenim vremenom.

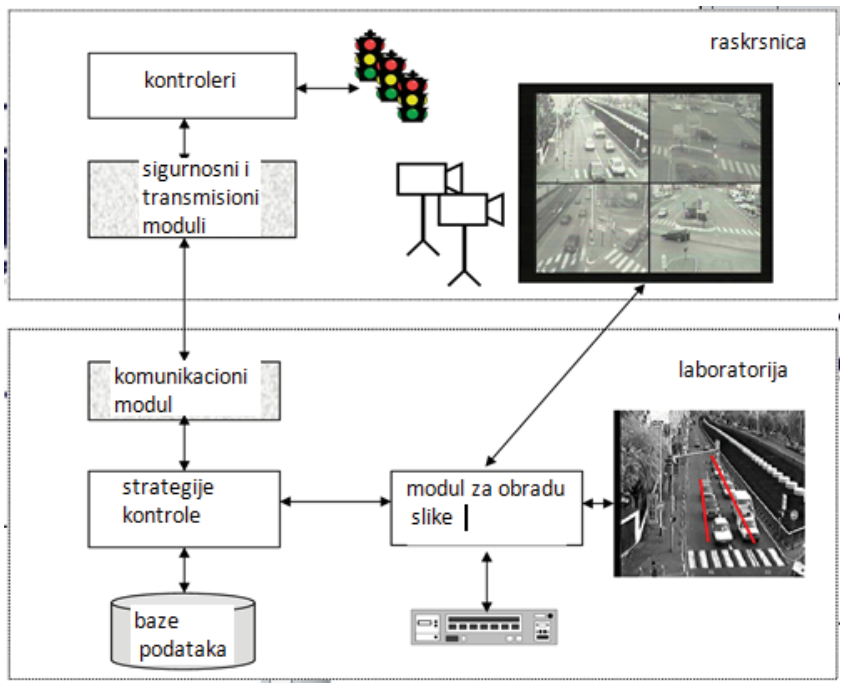
7. „CRONOS“

„CRONOS“ je strategija koja je razvijena u „INRETS“ [12] 1990. godine za adaptibilno upravljanje saobraćajem za zone koje obuhvataju nekoliko raskrsnica. Sistem funkcioniše aciklično i ne koristi unapred definisane signale planove – kao polaznu tačku za optimizaciju. U ovom sistemu raskrsnica predstavlja skup bezbjednosnih ograničenja i sva rješenja koja zadovoljavaju ta ograničenja su moguća. Sistem se sastoji iz tri modula:

1. Modula za prognozu koji vrši predikciju nailazaka vozila za cijeli horizont na osnovu podataka dobijenih od detetktora.
2. Modula simulacije koji predstavlja raspodelu vozila unutar zone
3. Modula za optimizaciju koji vrši pretragu za optimalnim trenutkom promjene signalnog stanja.

„CRONOS“ teži da se vozila što manje zadržavaju u posmatrajnoj zoni i dozvoljava veće brzine.

[10] Engl. – Automatic SCOOT Traffic Information Database; srp. – automatska SCOOT baza podataka
[11] Engl. – Optimized Policies for Adaptive Control
[12] Fran. – L` Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité



Slika 4. *Stvarni urbani sistem za kontrolnu saobraćaja „CRONOS“*

8. „PRODYN“

„PRODYN“ [13] je algoritam za upravljanje saobraćaja u realnom vremenu koji se razvio „CERT“ [14] u Francuskoj, a pored toga veoma je sličan sistemima „OPAC“ i „UTOPIA“

Kreiarane su tri verzije ovog sistema (algoritma):

1. Prodyn H sa hijerarhijskim upravljanjem u dva nivoa
2. Prodyn D1 sa decentralizovanim upravljanjem bez komunikacije između konrolera
3. Prodyn D2 sa decentralizovanim upravljanjem pri čemu kontroleri imaju mogućnost međusobne komunikacije čime se vrši razmjena predikacija kretanja plotuna.

9. „RHODES“

„RHODES“ [15] je sistem kreiran za rad u gradskim arterijama u veoma protočnim raskrsnicama.

Ovaj sistem predstavlja distribuisan, hijerarski ogranizovan sistem sa tri nivoa:

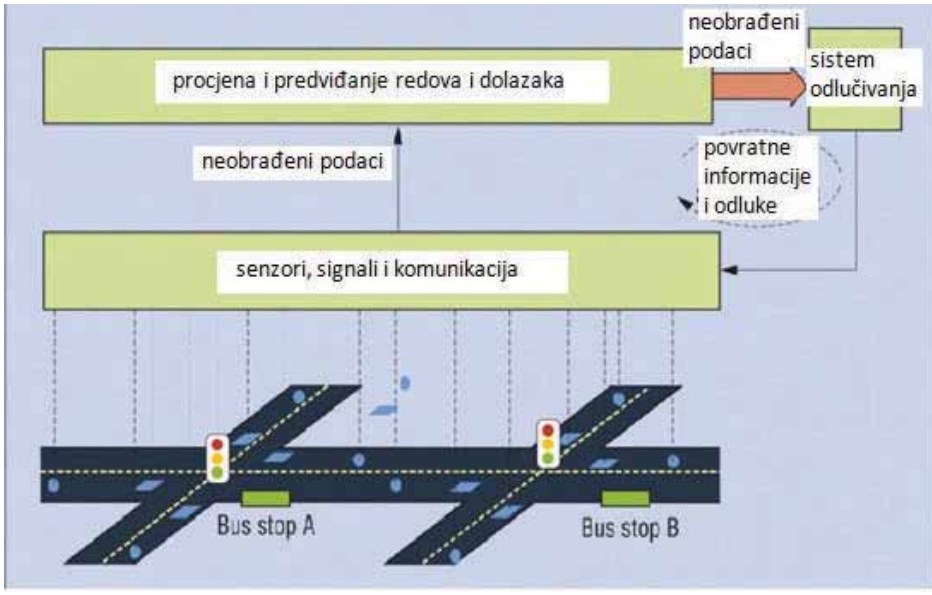
1. Model za dinamičko opterećenje mreže

[13] Fran. – Programmation Dinamique
[14] Fran. – Centre d'Etudes et de Recherches de Toulouse
[15] Engl. – Real-time Hierarchical Optimized Distributed Effective System

2. Za upravljanje na nivou mreže

3. Upravljanje na nivou raskrsnice

Ovi nivoi za upravljanje imaju komponetnu za predikciju i komponetnu za upravljanje. Na nivou mreže „Apres-Nair“ modul za predikciju prosleđuje podatke modul za upravljanje „Realband“ u okviru koga se koristi tehnika „rolling horizon“[16] za horizont između 200 do 300 sekundi .



Slika 5. *Pojednostavljen dijagram „RHODES“ sistema*

10. „MOTION“

„MOTION“ [17] predstavlja centralizovan sistem razvijen da podrži upotrebu postojeće infrastrukture u Njemačkoj. Ovaj sistem ima takođe mogućnost korištenja „OCIT“ interfejsa i otvorene arhikteture. U njemačkom pristupu, upravljanje saobraćajem može da se podjeli na tri nivoa:

1. Strateški
2. Taktički
3. Operativni

Sistem „MOTION“ je dio taktičkog nivoa i na tom nivou on ima zadatak da kreiara ili bira okvirne signalne planove na svakih 5 do 15 minuta, dok se odluke za lokalno upravljanje donose u kontrolerima pomoću logističkih algoritam. Brojne instalacije u Evropi i Aziji su potvrdile dobre rezultate, a „MOTION“ je jedini adaptibilni sistem za upravljanje saobraćajem koji je trenutno aktivan u Republici Srbiji, u gradu Beogradu na 15 raskrsnica u zoni Bulevara Kralja Aleksandra. Sistem „MOTION“ ima iznuđenu logiku rada zbog prilagođavanja

[16] Tehnika koja na svake 3 sekunde daje predviđanje i prognozu perioda od 120 sekundi
[17] Engl. – Method for Optimization of Traffic signals In Online-controlled Networks

postojećoj njemačkoj infrastrukturi, međutim to ne predstavlja nedostatak ili negativnu posljedicu. Sistem ima dug interval proračuna okvirnih planova, ali istovremeno eliminiše potrebu za skupom komunikacionom infraksturom i smanjuje osetljivost na kvarove.

11. „BALANCE“

„Balance“ je njemački adaptibilni sistem za upravljanje saobraćajem koji ima otvorenu arhiktekturu i koristi „OCIT“ interfejs. Izuzetno je prilagodljiv kada se radi o detekcija vozila, jer može da koristi bilo koji tip detekcije na različitim pozicijama: taktičkog i lokalnog. Taktički je predstavljen „Macro-Balance“ modulom koji proračunava okvirne signalne planove. U početku je korišćen heuristički pristup, a kasnije genetski algoritmi. U periodu između 5 i 15 minuta određuje prosečne dužine redova po signalnim grupama, prosječne vremenske gubitke po signalnim grupama, po raskrsnicama ili na mreži, stepen zasićenja tokova po signalim grupama i podatke o izvorima i ciljevima kretanja.

12. „ACS LITE“

„ACS LITE“ [18] je proizvod američkog projekta Federalne agencije za auto-puteve koji je za cilj imao dizajniranje uprošćenog i jeftinog adaptibalnog sistema za upravljanje saobraćajem za gradske arterije sa velikim gustinama saobraćaja. Sistem je centralizovan, koristi „NTCIP“ opodržava rad na 8 do 16 raskrsnica i koristi jedan procesor za upravljanje po saobraćajnici. Sistem koristi induktivne petlje ili video detekciju, a detektori se pozicioniraju uz zaustavnu liniju za svaku signalnu fazu i na udaljenosti od 75 do 150 metara na prioretnom pravcu.

13. „ACDSS“

„ACDSS“ [19] je sistem koji radi na principu povezivanja za centralni sistem za nadzor i upravljanje. Sistem je hijerarhijski ustrojen sa dva nivoa upravljanja , na prvom nivou se vrši odabir osnovnog signalnog plana iz skupa predefinisanih. Razlikuje se od „Plan selection“ strategije jer su signalnim planovi koji se ovde biraju samo refrenti planovi. Odabir se vrši na osnovu sistematskih mera opterećenja, a ne stepena vrednosti protoka i zauzetosti detektora. Na svake 3 minute se procenjuje da li je odluka za promenu staretegije i upravljanja opravdana, a kada se ona promeni sledeća promena može da se dogodi tek nakon 30 minuta.

14. Adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem u Bosni i Hercegovini

Vlada Kantona Sarajevo je u proljeće 2021. godine usvojila projekat za adaptibilnoo upravljanje saobraćajem. Iz Vlade Kantona Sarajevo, a na prijedlog Ministarstva saobraćaja pomenutog kantona, donijeta je odluka o usvajanju kapitalnog projekta „Adaptivno upravljanje saobraćajem“ vrijednog 16 miliona KM.

Prelazak na pametne i inteligentne sisteme za upravljanje saobraćajem danas predstavlja opštu aktuelnost i zainteresovanist u svijetu za ovu oblast. Uvođenjem ovih sistema cijeli sistem će biti učinkovitiji i produktivniji nego što se to postiže standardnim upravljanjem saobraćaja. Ovaj projekat u Gradu/Kantonu Sarajevo će biti baziran na najmodernijoj senzorskoj opremi, kao što su radarski detektori, koji će u realnom vremenu snimati potpunu

[18] Engl. – Adaptive Control Software Lite
[19] Engl. – Adaptive Control Decision Support System

saobraćajnu sliku grada, te omogućiti detaljne informacije bitne za dalje planiranje saobraćajne infrastrukture.

Korišćenjem ovog tipa senzora biće omogućena dalja unapređenja i poboljšanja adabtibilnog upravljanja saobraćajem:

- implementacija raskrsnica sa pametnim adaptibilnim kontrolorima svjetlosnih saobraćajnih znakova – semafora: pametni kontolori semafora će se na zahtjev prilagoditi lokalnim situacijama u saobraćaju, te odreagovati direknto na osnovu trenutne situacije u saobraćaju
- operater će iz inteligentnog centralnog nadzornog sistema imati mogućnost postavljanja i ažuriranja strateških parametara, te mogućnost reagovanja u specifičnim situacijama
- videonadzor će poboljšati opštu sigurnosnu situaciju
- visoko tehnološka, učinkovitija i pouzdana oprema „na ulici“ u širem području grada će smanjiti ukupna kašnjenja zbog različitog intenziteta saobraćaja
- modernizacijom opreme i uređaja kao što je na primjer uvođenje LED semafora će se smanjti potrošnja energije
- radarski senzori će pored upotrebe u adaptivnom sistemu upravljanja prikupljati opšte saobraćajne podatke, kao što su: broj i kategorija vozila, brzina vozila, putanje kretanja vozila; ovi podaci će dalje biti obrađivani u kontrolnom centru sistema
- postavljanje primarnog prioriteta za vozila javnog prevoza, čime će se smanjti vrijeme putovanja i kašnjenje, a samim tim povećati atraktivnost za javni prevoz
- prioritetizacija se može naknadno primjeniti i za interventna vozila – Hitna pomoć i vatrogasci, a koji će imati pozitivan uticaj koji nije isključivo vezan za benefite u oblasti (gradskog) saobraćaja.

Saobraćajni centar Kantona Sarajevo zvanično je počeo sa radom aprila 2021. godine. Na početku rada ovog centra osposobljen je video nadzor u tramvajima te je moguće pratiti sva dešavanja u ovim prevoznim sredstvima. Podatke koje imamo su: broj vozila u datom momentu, rute vozila - tramvaja, kao i brzine kretanja tramvaja. Ovaj saobraćajni centar predstavlja sastavni dio Ministarstva saobraćaja Kantona Sarajevo i u njemu su angažovane osobe koje koordiniraju sa javnim prevoznicima, a sve u cilju sigurnijeg i kvalietnijeg prevoza. U narednim fazama razvoja ovog centra usavršit će se red vožnje prvobitno tramvajskog prevoza, a nakon toga i red vožnje trolejbuskog, autobuskog i minibuskog prevoza.

Predstavnici Vlade Kantona Sarajevo i Evropske banke za obnovu i razvoj [20]potpisali su u proljeće 2022. godine ugovor o grantu za izgradnju glavnog projekta adaptibilnog upravljanja saobraćajem

Prema nezvaničnim informacijama u toku 2023. godine u okviru i sklopu Kulturno-sportskog centra Skenderija, sa radom bi trebao početi Centar za adaptivno upravljanje saobraćajem u Kantonu Sarajevo. Uspostavom ovog centra planirano je upravljanje na svih 165 raskrsnica u Kantonu Sarajevo, a takođe će se upravljati i javnim gradskim prevozom. Nadgledanje i upravljanje saobraćaja iz ovog centra na gradskim raskrsnicama i saobraćajnicama će se odvijati konstantno, odnosno tokom 24 časa svih 7 dana u sedmici. U zavisnosti opterećenja saobraćaja, na svakoj raskrsnici će se pojedinačno prilagođavati intervali i plan intervala rada saobraćajnih signala. Implementacijom ovog projekta predviđeno je da se

[20] Engl. – European Bank for Reconstruction and Development - EBRD

u prvi plan stavi tramvajski saobraćaj, odnosno da se ostali vidovi saobraćaja mijenjaju i prilagođavaju kako bi tramvaj imao prednost.

Prije postavljanja tehničke opreme na raskrsnice biti će izmjeren intenzitet saobraćaja na raskrsnicama, na osnovu čega će se razviti algoritam koji će upravljati semaforima. U velikim evropski gradovima, uvođenje ovakvog upravljanja saobraćajem samanjena su saobraćajna opterećenja i zagađenja čak i do 30%.

Očekuje se da bi ovaj sistem potpunu funkcionalnost i početak rada mogao ostvariti u periodu od dvije godine, a kao što je već rečeno finansijska sredstva za ovaj projekat su obezbjeđena o strane EBRD-a i iznose nešto više od 8 miliona €.

Iz zvaničnih izvora koje smo dobili od Ministrastva saobraćaja Kantona Sarajevo, možemo reći da je sistem koje se treba uvesti u u ovom kantonu tek u početnoj fazi. Od asistenta ministra, Ministarstva saobraćaja Kantona Sarajevo, dobili smo informaciju da se trenutno Kanton Sarajevo nalazi u procesu nabavke adaptibilnog sistema za upravljanje saobraćajem. Projekat se radi po principu „žutog FIDIC [21]“ gdje izvođač radova dostavlja ponudu i nudi projektno rješenje za realizaciju. Od strane zvaničnih instucija je raspisan tender, a ponude tek dolaze, tako da se kompanija i firma koja će krenuti sa ovim visoko značajnim projektom treba tek izabrati. Bitno je je još samo jednom naponmenuti, da se sredstva za ovaj sistem i cjelokupno unapređivanje odvijanja sarbaćaj u Kantonu Sarajevo, a i u samoj Bosni i Hercegovini, obezbjeđuju kao što je već jednom rečeno iz Evropske banke za obnovu i razvoj.

15. Pametni grad

Postoje mnoge definicije „pametnog grada“ koje su formulisali različiti autori što dovodi do proširenog tumačenja koncepta pametnog grada. Međutim, različitost mišljenja ide u prilog razvoju efektivnog koncepta pametnog grada. Kako u svijetu, tako i u Srbiji, sintagma pametni gradovi uključuje različita značenja koja se međusobno preklapaju. U osnovi je ideja – grad koji je prijateljski nastrojen prema životnoj sredini, ili zeleni grad, održivi grad, grad koji uvodi inovativna tehnička rešenja. Još je Aristotel branio ideju da su grad i njegovi stanovnici u partnerstvu u cilju zajedničkog blagostanja, a Hipokrat se bavio kvalitetom klime, vode i zemljišta i njihovim uticajem na kvalitet života i zdravlje ljudi. (n.d., 2019). Iz ovoga možemo zaključiti da ideja o pametnom gradu, uprkos trenutnoj popularnosti ovog nivoa, nije nova.[22]

Ono što je novo je tehnologija koja čini grad pogodnijim za život. Program Ujedinjenih nacija za razvoj – UNDP [23], kada je reč o pametnim gradovima, govori o korišćenju novih tehnologija za postizanje inkluzivnog i održivog urbanog razvoja koji uzimau obzir ljude, ekonomiju i životnu sredinu.[24]

Pametan grad je tehnološki opremljeno urbano područje koje koristi različite metode i tehnologije za prikupljanje podataka i koristi ih za poboljšanje kvaliteta života stanovnika grada. Pružanjem usluga i rješavanjem gradskih problema, „pametni“ grad nudi rešenja kao što su: poboljšanje prevoza i pristupačnosti, poboljšanje socijalnih usluga i promovisanje održivosti. Pametan grad je mesto gdje se tradicionalne mreže i usluge čine efikasnijim korišćenjem digitalnih rješenja za dobrobit njegovih stanovnika i poslovanja.[25]

---

[21] Fran. – Fédération Internationale Des Ingénieurs-Conseils
[22] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf
[23] Engl. – European Bank for Reconstruction and Development
[24] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf
[25] Selinger M., Schmidt L. Adaptive traffic control systems in the United States , HDR Engineering, Inc.2009

Prema klasifikaciji koju je izradio Univerzitet u Beču, postoji nekoliko faktora koji razlikuju pametan grad:

- pametno okruženje
- pametna mobilnost
- pametno upravljanje

Svaki činilac doprinosi postizanju pametnog grada u kojem je popunjen jaz između potreba i zadovoljstva. Tehnologija koja pomaže da se grad učini pametnim je IoT [26], gdje sve idealno oživi zahvaljujući prikladno instaliranim senzorima i stabilnoj široko rasprostranjenoj bežičnoj komunikaciji u svakom uglu i dijelu grada.

Svi podaci koji generišu senzori konvertuju se u središnji mozak, gdje se dalje razrađuju pomoću sofisticiranih algoritama, tako da se „pametne stvari" ponašaju u skladu sa preferencijama i navikama ljudi.

Današnje tehnologije pomažu u prikupljanju i obradi podataka koji su potrebni za procjenu kritičnih situacija ili za povećanje efikasnosti održavanja i očuvanja. IoT je nevjerovatno rješenje u tom smislu: omogućuje ne samo da stalno pratimo praćenje na kojima su senzori instalirani, već i kod prikupljanja svih potrebnih podataka koji se šalju na terminal za obradu, te se povedu u razumljive informacije.

Najosnovnije prednosti pametnih gradova su sledeće:

- bolje usluge prevoza
- sigurnija komunikacija
- efikasnije javne usluge
- više digitalnog kapitala
- poboljšanje infrastrukture

Pametni grad ima potencijal da drastično poboljša nivo prevoza u cijelom gradu. Imaće bolje upravljanje saobraćajem, mogućnost praćenja javnog prevoza i bolje opsluživati svoje građane uz stalne informacije i niske cijene.

Pametan grad će imati najviše tehnološkog napretka, a partnerstva s privatnim sektorom koristiće društvu jer će biti manje kriminalnih aktivnosti. Primjer za takve tehnologije je prepoznavanje registarskih tablica, povezani centri za kriminal, detektori pucanja, bolje hitne službe i kamere za tijelo.

Pametni gradovi imaju na hiljade energetski efikasnih zgrada koji mogu poboljšati kvalitet vazduha, koristiti obnovljive izvore energije i smanjiti zavisnost o neobnovljivim izvorima energije. To će pomoći u smanjenju ekološkog uticaja koji imamo na okolinu. Ljudi moraju imati pristup uslugama brzog interneta po pristupačnim cijenama i uređajima. Ako imaju pristup javnom Wi-Fi i internetu u lokalnim područijima u gradu, svi će stanovnici imati jednake mogućnosti. Ulaganje u pametne gradove dovodi do poboljšanja njihove regionalne i globalne konkuretnosti, te privući će nove stanovnike i poboljšati poslovanje. Budući da će cijeli grad imati pristup platformi otvorenih podataka ili informacija, možemo slobodno reći da je to razlog zbog kojeg firme će procvjetati. Oni mogu donositi informisane odluke o dostupnim tehnologijama.[27]

[26] Engl. – Internet of things ili srp. – Internet stvari
[27] Selinger M., Schmidt L. Adaptive traffic control systems in the United States , HDR Engineering, Inc.2009

Stari putevi, zgrade, auto-putevi, mostovi zahtevaju ogromna ulaganja kako bi održali svoje stanje i produžili vijek trajanja. Uz pomoć pametnih tehnologija, gradovi će imati mogućnost analitički predvidjeti i identifikovati područja koji mogu uzrokovati kvar infrastrukture pre nego što se to dogodi. Pametan grad će imati mnogo poslova i mogućnosti za zapošljavanje, jer će ljudi dobiti jednak pristup osnovnim resursima kao što su prevoz, napredne internet veze i ponude za posao.

Očekuje se da će inovativne i digitalne tehnologije osigurati implementaciju mnogih od sledećih trendova gradskog prevoza:

- povećanje ekološke prihvatljivosti
- bolju sigurnost i pouzdanost
- poboljšani kapacitet puta
- bolja energetska efikasnost
- ekonomski efikasniji (niži troškovi)
- brži tok transporta

Neće uvek sve biti osmišljeno s namerom ka maksimalnom predstavljanju ovih pokazatelja, ali uopšteno možemo reć da to su objektivni trendovi koji su relevantni za svaki grad na svijetu, kada je u pitanju mobilnost.

Slika 6. *Lista sa top 10 najpametinjih gradova* [28]

[28] Iz gore navedene slike vidimo listu sa top 10 pametnih gradova iz 2019. godine sa sledećim rasporedom: 1.Sinagapur (Singapur), 2. Cirih (Švajcerska), 3. Oslo (Norveška), 4. Ženeva (Švajcerska). 5. Kopenhagen (Danska), 6. Okland (Novi Zeland), 7. Tajpej (Tajvan). 8. Helsinkidi (Finska), 9. Bilbao (Španija), 10. Dizeldorf (Njemačka)

15.1. Pametni Gradovi u Srbiji

U Srbiji se često pominju inicijative vezane za pristup pametnom gradu, ali osim „Smart City festivala“, regionalne konferencije „Smart City SEE19“ i pojedinačnih konkursa „Najbolja rešenja za pametni grad“, malo šta se organizuje. Ono što vodi do pametnog grada najčešće se dešava u okviru pojedinačnih, slabo i retko međusobno povezanih projekata. Za sada su najupadljiviji displeji koji pokazuju broj slobodnih mjesta u nekim od gradskih javnih garaža, kao i nekoliko displeja pored puteva koji upozoravaju na situaciju na putu. I to je manje-više sve što stanovnici vide. Ono što je bilo manje vidljivo, ali je došlo do izražaja tokom pandemije COVID-19 je napredak u eUpravi. Krajem 2019. to jeste početkom 2020. godine u Srbiji je pušten u rad sistem merenja kvaliteta vazduha. Stanovništvo je moglo da kontroliše nivo zagađenosti vazduha u pojedinim gradovima i pojedinim delovima gradova. Ispostavilo se da je vazduh koji je stanovništvo veoma često i dugo udisalo na opasnom nivou i da su srpski gradovi, uključujući i Beograd, među najzagađenijim gradovima na svetu. U Srbiji je formirana mreža Klimerko uređaja koja preko *sajta vazduhgradjanima.rs* stanovništvu daju rezultate o stanju vazduha. Iako se o tačnosti merenja može raspravljati, jasno je da su ovi IoT sistemi uticali na svest stanovništva. Mnogi su otišli da kupe maske, prečistače vazduha, a na ulicama je bilo primetno manje ljudi.[29]

Razvoj tehnologije Interneta stvari daće veliki podsticaj razvoju pametnih gradova. Srbija je sa entuzijazmom prišla primeni 5G mreža, koje su okosnica Interneta stvari. Deo posla je već urađen strategijom koju je Vlada Srbije usvojila 2018. godine. Vlada je početkom jula 2020. usvojila „Uredbu o definisanju plana korišćenja radio-frekvencijskih opsega“ (u kojoj će funkcionisati 5G). Tehnologija velikih podataka se koristi za obradu i potpuno iskorištavanje ogromnih količina urbanih podataka. Platforma takođe koristi tehnologiju IoT za prikupljanje podataka o javnim objektima, saobraćaju, kvalitetu vode i vazduha, prikazujući statuse u realnom vremenu. Dakle, platforma implementira prikupljanje, prenos, skladištenje i analizu podataka kako bi podržala naučne odluke i poboljšala efikasnost upravljanja gradom.[30]

COVID-19 je usporio razvoj 5G mreža u Srbiji, pa je aukcija za 5G spektar bila odložena za prvi kvartal 2021. godine, a još jedna nepoznanica pojavila se u sporazumu koji je predsednik Srbije potpisao 4. septembra u Vašingtonu. Deveti paragraf kaže: „Obe strane će u svojim mobilnim mrežama zabraniti upotrebu 5G opreme koju isporučuje neproveren prodavac. Ako je takva oprema već prisutna, obe strane se obavezuju da će je blagovremeno ukloniti i preduzeti druge posredničke napore”. Iako se imena kineskih kompanija nigdje eksplicitno ne pominju, mnogi su ovo protumačili kao zahtev Sjedinjenih Američkih Država da Srbija odbaci ZTE[31] i “Huawei” opremu. Istraživanja objavljena u februaru 2022. godine su pokazala da je Srbija ostala jedna od rijetkih zemalja Evrope „u kojoj nije počelo čak ni eksperimentalno korišćenje ili uvođenje 5G mreže“. U Srbiji 2020. godine nije radila nijedna 5G bazna stanica, ali su izdate četiri privremene pojedinačne dozvole za korišćenje radio-frekvencija u cilju testiranja i ispitivanja 5G mreže na teritoriji Beograda.[32]

Implementacija i razvoj 5G mreža u Srbiji zasniva se na saradnji sa kineskom kompanijom “Huawei”, koja je kreirala rešenja za više od 160 pametnih gradova u više od 100 zemalja svijeta. Kompanija je takođe uspostavila otvorene servisne platforme i laboratorije za kolaborativne inovacije, sertifikaciju i verifikaciju, i ima dobar radni tok projekta, bogato iskustvo i dobro dizajniran sistem isporuke.

---

[29] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf
[30] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf
[31] Engl. - Zhong Xing Telecommunication Equipment Read more at
[32] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf

Oslanjajući se na svoju IKT infrastrukturu, koja je lider u industriji, “Huawei” je stvorio otvorenu platformu za pametne gradove. Platforma koristi tehnologiju oblaka da centralizuje izgradnju IKT.

Senzori koji navode vozače na parking-mjesto, digitalno praćenje kontejnera koje pokazuje kada su puni, daljinsko detektovanje kvara na vodovodu, sistemi koji očitavaju potrošnju energije. Mnogima sve ovo deluje kao daleka budućnost, ali sve bi ovo moglo da zaživi, barem delimično i kod nas, a Niš bi trebalo da bude prvi "pametni grad" u Srbiji, ali i u regionu.[33]

15.2. Pametne tehnologije u gradovima Srbije – Portal eUprava

Uvođenje pametnih tehnologija u organizaciju života u gradovima Srbije je sporije nego u razvijenim zemljama, ali prema procjenama Ujedinjenih nacija, u poređenju sa zemljama u okruženju, u Srbiji nije sve tako loše.

U tome vodeću ulogu ima nacionalni portal eUprave [34]. Nacionalni portal eUprave pokrenut je 2010. godine sa osnovnim ciljevima – smanjenja redova, sprečavanja korupcije i povećanja transparentnosti i efikasnosti gradskih uprava. Portal eUprava je od prvog dana podstakla razvoj esUluga ne samo u Beogradu, već i u drugim gradovima, a 2014. godine održana je olimpijada eUprave, nakon koje su uručene nagrade najboljim gradskim i opštinskim eUpravama. U 2020. godini na portalu se registrovalo oko milion aktivnih korisnika koji su imali na raspolaganju 900 elektronskih servisa različitih državnih organa. [35]

Portal eUprave je jedinstvena tačka kontakta sa servisima eUprave za građane i privredu, ali i spona između svih javnih uprava i lokalnih samouprava. U srži sistema je jedinstvena magistrala za razmenu podataka državnih organa, gde svako priprema podatke koji su dostupni ostatku sistema i distribuira ih putem veb servisa. Na ovaj način svaki deo uprave i dalje održava svoje podatke ažurnim i dostupnim, a razmena informacija se odvija automatski u skladu sa zahtevima i potrebama građana i privrede.

Ovako pripremljena platforma daje se na korišćenje svim korisnicima unutar sistema javne uprave, koji sami dalje generišu svoje usluge uskladu s poslovnim procesima.

Ukoliko korisnik ima svoj informacioni sistem, do povezivanja dolazi automatski, a u drugom slučaju korisnicima je dostupan administrativni panel koji vodi računao pristiglim zahtevima s portala i njihovom administriranju. Direkcija je obučila više od 40 organa državne uprave i gotovo 100 lokalnih samouprava, koje u svakom trenutku vode brigu o svojim servisima na portalu. Sledeći korak čine potpuna digitalizacija i automatizacija, to jeste povezivanje informacionih sistema lokalne samouprave na sistem portala, što je već urađeno za nekoliko uprava (Beograd, Gornji Milanovac...). [36]

15.3. Pametan grad - Niš

Projekat "pametnih gradova" jedan je od sporazuma nedavno potpisanih u Pekingu sa kompanijom „Huawei“. Projekat će obuhvatati najveće gradove u zemlji: Beograd i Novi Sad, a njegova realizacija počeće u Nišu. [37]

---

[33] https://www.ekapija.com/news/2508426/nis-prvi-pametni-grad-u-srbiji-slede-beograd-i-novi-sad
[34] https://euprava.gov.rs/
[35] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf
[36] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf
[37] https://www.ekapija.com/news/2508426/nis-prvi-pametni-grad-u-srbiji-slede-beograd-i-novi-sad

Projekat pametnih gradova podrazumjeva implementaciju različitih usluga koje su veoma korisne građanima, kao što su pametni sistemi javne rasvete, odlaganje smeća, kontrola semafora ili upravljanje javnim parking prostorima.[38]

Projekat će početi u Nišu, koji je izabran kao grad za pilot projekat, jer bi eksperimentisanje u Beogradu bilo dugo i skupo. Nišlije moraju da identifikuju tri usluge za koje smatraju da će im biti od koristi. To mogu da budu semafori, senzori koji vode vozače do parking mjesta, daljinsko otkrivanje kvarova na vodovodu, kontrola vodomera, javna rasvjeta, digitalno praćenje popunjenosti kontejnera, sistemi koji očitavaju potrošnju energije ili nešto drugo.

Za infrastrukturu će biti zadužen Telekom Republike Srbije, a izvođač radova najverovatnije će biti ili "Huawei". Za mnoge sve ovo može da izgleda kao daleka budućnost, ali dio toga već postoji u Srbiji. Neki gradovi već imaju displeje koji pokazuju koliko je mjesta dostupno u kojoj garaži. Neki će pomisliti daje ovo beskorisno, jer do trenutka kada automobil priđe garaži, situacija će se možda promeniti.[39]

Ipak, ako piše da je parking pun, velika je verovatnoća da neko već čeka ispred ulaza u garažu i da će vozač čekati duže nego u slučaju kada na displeju piše da ima 10 ili 50 praznih mjesta na parkingu. Tako se vozač može opredeliti za neku drugu garažu u kojoj ima slobodnih mjesta i uštedeti vrijeme. Pored toga, pronalaženje slobodnog parking mjesta može biti olakšano ako se upali zeleno svjetlo iznad slobodnog parking mjesta. Ovo je uočljivije nego kada vozač iz svog automobila posmatra parkirane automobile.

Plaćanje parkinga mobilnim telefonom jedna je od prednosti na koju su građani Srbije već navikli. Kao što je rečeno, u ovom trenutku, pametni grad podrazumeva izgradnju mreže predajnika i razvoj informacionog sistema koji treba da omoguće ekonomičnu primjenu različitih servisa. Pametni gradovi koriste IoT uređaje, poput senzora, svetla i brojila za prikupljanje i analizu podataka.

Niš može da slijedi primjer Novog Sada, koji je zajedno sa Suboticom postao član Otvorene asocijacije pametnih gradova 31. oktobra 2019. godine. Novi Sad je nakon pristupanja udruženju „formirao radno telo koje će izraditi strategiju prilagođenu željama građana, najavljujući da će ovo telo odrediti kratkoročne i dugoročne ciljeve za naredni period, a da će relativno brzo Skupština grada preduzeti kratkoročne i dugoročne mere po pitanju 'pametnog grada'". Uspjeh grada se ogleda u devet glavnih dimenzija, a to su: „ljudski kapital, društvena kohezija, ekonomija, upravljanje, životna sredina, mobilnost i transport, urbano planiranje, međunarodni uspjeh i tehnologija. Koncept rejtinga omogućava da se identifikuju prednosti i slabosti, a s obzirom na to da se održivost meri ekonomskim, socijalnim, ekološkim i tehnološkim pokazateljima, može se procijeniti kvalitet života građana.[40]

15.4. Pametan grad - Beograd

U Beogradu se radi na nekoliko pilot projekata. Pokrenut je pilot projekat – pametni semafor koji analizira stvarnu upotrebu vozila, gustinu saobraćaja i prilagođava trajanje zelenog svetla na semaforu prema realnim potrebama.

Beograd je jedan od gradova sa najvećim brojem nadzornih kamera po glavi stanovnika. *"Svi smo* pod kontrolom, čak i ljudi koji su to odlučili. Beograd postaje prvi grad u Evropi koji je pokrio celu svoju teritoriju masovnim biometrijskim nadzorom.

Jedna od korisnih i aktivnih je aplikacija BeoPrevoz (prethodno, BusPlus) za praćenje lokacije autobusa u realnom vremenu. Ona putniku može da pruži korisne informacije o tome koliko dugo će čekati autobus na stanici. Ukoliko je autobus daleko od stanice, možda će

[38] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf
[39] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf
[40] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf

putniku biti zgodnije da se prebaci na drugu stanicu i pronađe bržu kombinaciju autobusa kako bi došao do željenog mjesta.[41]

Razvoj pametnih gradova podrazumjeva niz aktivnosti kojim se poboljšava kvalitet života građana, stanje okruženja i ekonomske performanse – do željenih rezultata stiže se upotrebom informacionih i komunikacionih tehnologija.[42]

[41] https://www.meste.org/fbim/FBIM_1_2022/19_08.pdf
[42] https://nationalgeographic.rs/zivotna-sredina/a38737/Pametni-gradovi-u-evropi.html

Zaključak

Iz svega navedenog u ovom radu možemo reći da adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem predstavljaju uticajan i bitan faktor današnjeg funkcionisanja saobraćaja, a naročito poboljšavaju uslove u gradskim jezgrima. Pravilnom i konstantnom upotrebom i ispravnim rukovođenjem sa ovim sistemima, možemo povećati obim, protok i brzinu na saobraćajnicama, a time smanjiti i njihovu opterećenost. Kada se govori o rezultatima rada adaptibilnih sistema za upravljanje saobraćajem, treba biti veoma oprezan jer veliki broj studija koje se bave ovim pitanjem prijavljuje značajna unapređenja u perfromansama.

Jedan od problema sa kojima može da se susretne čitalac pregledajući studije o implementacijama adaptibilnih sistema za upravljanje saobraćajem jeste taj što se u određenom broju studija, objavljeni rezultati istraživanja i vrednovanja ne obuhvataju sve uticaje sistema kao cjeline, kako pozitivne tako i negativne. Ponekad se koriste samo određene mjere performansi sistema, posmatraju se samo određene zone mreže ili samo neke grupe korisnika.

Aadaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem bi trebali da imaju mogućnost upotrebe različitih strategija upravljanja u različitim situacijama i uslovima u saobraćajnom toku kao što su vršni period, nezgode na mreži, sprečavanje blokiranja susjednih raskrsnica i sl.

Ipak na kraju možemo zaključiti da su adaptibilni sistemi za upravljanje saobraćajem uveliko unaprijedili i poboljšali današnji (savremeni) saobraćaj, a njihove dalekosežne pozitivne posljedice ćemo još više iskusiti u budućnosti.

Došlo je vreme pametnih gradova u kojima je jasna interakcija između onih koji upravljaju gradom i njegovih građana. Da bi upravljali gradom, građani moraju da raspolažu svim informacijama koje su im neophodne da bi mogli da utiču na lokalnu vlast kako bi lokalna vlast popravljala uslove života građana.

Literatura

[1.] D. Radivojević – „*Sistem za adaptibilno upravljanje saobraćajem na gradskoj mreži*“, (https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0040-2176/2017/0040-21761701098R.pdf) (8.11.2022)

[2.] Jun Wang, B. Robinson, Steven G. Shelby, K. Cox, W. Townsend – „Evaluation of ACS Lite Adaptive Control using Sensys Arterial Travel Time Data“, 2010. godine, „Computer Science“ – Informatika (https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluation-of-ACS-Lite-Adaptive-Control-using-Time-Wang-Robinson/5f8d719dc47873d2291a1352611e87370526fed9) (27.10.2022.)

[3.] F. Boillot, S. Midenet, J. Pierrelée – „The real-time urban traffic control system CRONOS: Algorithm and experiments“, 2006. godina, Informatika i transportno istraživanje oblasti C nastajawu novih tehnologija (https://www.semanticscholar.org/paper/The-real-time-urban-traffic-control-system-CRONOS%3A-Boillot-Midenet/0813bc82fdb9347e6c1345f5f8aa482fb00e2677) (6.11.2022.)

[4.] K. Zaatouri, T. Ezzedine – „A Self-Adaptive Traffic Light Control System Based on YOLO“, 2018. godina, Informatika, Internacionalna konferencija o internetu stvari, ugrađeni sistemi komunikacije (2018. „IINTEC“) (https://www.semanticscholar.org/paper/A-Self-Adaptive-Traffic-Light-Control-System-Based-Zaatouri-Ezzedine/3482004fe0998133cdf3b7409659cd710bd35d0d (4.11.2022.)

[5.] S. Vučićević – „*Urbana bezbjednost i urbani razvoj* “ („*Inteligentni saobraćaj i pametni gradovi: Kako velikim podacima očuvati ekološku bezbjednost*“), Univerzitet u Beogradu, (http://doi.fil.bg.ac.rs/pdf/eb_ser/fb_ubur/2018/fb_ubur-2018-1-ch13.pdf) (1.11.2022.)

[6.] Ministrastvo Saobraćaja Kantona Sarajevo

[7.] *“Pametni gradovi i urbana poljoprivreda”* (https://www.bugi.unsa.ba/wp-content/uploads/2021/03/Precizion-Agriculture10.pdf) (15.3.2023)

„*Adaptivno upravljanje saobraćajem*“ – (novinski članak preuzet internet portal Klik.ba - https://www.klix.ba/) (https://www.klix.ba/vijesti/bih/usvojen-projekat-za-adaptivno-upravljanje-saobracajem-u-kantonu-sarajevo/210401087 (20.3.2023.)

https://www.klix.ba/vijesti/bih/sredinom-ljeta-u-sarajevu-bi-trebale-poceti-aktivnosti-za-uspostavljanje-centra-za-upravljanje-saobracajem/230208128 (20.3.2023.)

https://istinomjer.ba/predizborna-obecanja/adaptivno-upravljanje-saobracajem/) (20.3.2023.)

[8.] Martin P. SCOOT, an Overview. University of Utah Trraffic Laboratory, 2001.

[9.] Shelby SG,et al. an Overwiev and Performance Evaluation of ACS Lite-A Low Cost Adaptive Signal Control System. 87th TRB Annual Meeting, Washington, D.C. 2008.

[10.] Selinger M, Schmidt L. Adaptive traffic control systems in the United States. HDR Engineering, Inc.2009.

[11.] Stevanović A. Adaptive traffic control systems: do-mestic and foreign state of practice. NCHRP Project 20-5: Synthesis Topic 40-03, Transportation Rese-arch Board of the National Academy of Sciences, 2010.

[12.] Lam J, Petrović S, Craig P. Adaptive Traffic Signal Control Pilot Project for the City of Surrey. In Proc. 2013 Transportation Association of Canada Conference and Exhibition, Winnipeg, Manitoba, 22-25 September 2013.

Snežana Komatina[1]
Una Petrović[2]

Stručni rad
UDK 665.6/.7:007.52

VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U INDUSTRIJI NAFTE I GASA

Rezime

U današnjem konkurentnom poslovnom okruženju, tradicionalne metode prikupljanja podataka i analitike često nisu dovoljne. Profesionalci i kompanije se sve više okreću moćnim metodama iz domena veštačke inteligencije (AI), što je podstaknuto stalnim pomacima u računarskim kapacitetima, boljim algoritmima, većim količinama podataka koji se prikupljaju, dostupnošću naprednijih softvera i usvajanjem programskih jezika lakih za upotrebu. U ovom radu prikazuju se osnovni koncepti i metode koje se koriste u mašinskom učenju i neuronskim mrežama, kao i mogućnosti primene u naftnom inženjerstvu.

Ključne reči: veštačka inteligencija, mašinsko učenje, naftno inženjerstvo, analitika naftnih podataka (PDA).

Snežana Komatina[1]
Una Petrović[2]

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND OIL AND GAS INDUSTRY

Abstract

In the today's competitive business environment, traditional methods of data collection and analytics are often not enough. Professionals and companies are increasingly turning to powerful artificial intelligence (AI) methods, a step caused by the recent leaps in computing power, better algorithms, larger amounts of data being collected, the availability of more advanced software libraries, and the adoption of easy-to-use programming languages. In the paper, the basic concepts and methods used in machine learning and neural networks, as well as the possibilities of application in petroleum engineering, are presented.

Key words: artificial intelligence, machine learning, petroleum engineering, petroleum data analytics (PDA).

[1]Tehnički fakultet *Mihajlo Pupin* u Zrenjaninu, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija (komsne@yahoo.com), Asocijacija geofizičara i ekologa Srbije (AGES), Beograd, Srbija
[2]Asocijacija geofizičara i ekologa Srbije (AGES), Beograd, Srbija

UVOD

Analitika naftnih podataka (Petroleum Data Analytics - PDA) označava primenu veštačke inteligencije i mašinskog učenja u rešavanju problema i donošenju odluka u vezi sa naftnim inženjerstvom. Očekuje se da će PDA uskoro u potpunosti kontrolisati budućnost nauke i tehnologije u naftnoj industriji. Veoma je važno za novu generaciju inženjera, naučnika i naftnih profesionalaca da razviju realno naučno razumevanje i prihvatanje ove tehnologije.

Slično primeni veštačke inteligencije i mašinskog učenja u drugim inženjerskim disciplinama, Analitika naftnih podataka bavi se sa dva glavna pitanja koja određuju uspeh ili neuspeh ove tehnologije u naftnoj industriji: (a) razlike u tome kako AI i ML treba da se primenjuju na inženjering u odnosu na probleme i donošenje odluka koji nisu povezani sa inženjerstvom, i (b) kako se AI i ML razlikuju od tradicionalne statističke analize. Nedostatak uspeha ili osrednji ishodi AI i ML u naftnoj industriji bili su prilično česti. U velikoj meri, ovo ima veze sa površnim razumevanjem ove tehnologije od strane nekih stručnjaka iz oblasti naftnog inženjerstva i koncentracijom na marketinške šeme, pre nego na nauku i tehnologiju.

PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U INDUSTRIJI NAFTE I GASA

Primena veštačke inteligencije (AI) prevazilazi „bolje" ili „brže" procese i ima potencijal da poveća efikasnost u eksploataciji i proizvoidnji nafte i gasa. Od početnih aktivnosti istraživanja pa sve do krajnjeg korisnika, nudi nove načine pristupa istraživanju, razvoju, proizvodnji, transportu, preradi i prodaji. Sa potencijalom veštačke inteligencije da poveća ili čak zameni neke ljudske kompetencije, a time i oslobađajući ljude za kreativnije aktivnosti sa dodatom vrednošću, nije iznenađenje da je nedavno istraživanje u svetu pokazalo da više od 92% naftnih i gasnih kompanija ili trenutno ulaže u veštačku inteligenciju ili to planiraju u naredne dve godine. Sve ovo već ima uticaja: 50% rukovodilaca u industriji nafte i gasa već je počelo da koristi veštačku inteligenciju u rešavanju izazova u svojim organizacijama. Očekuje se da veštačka inteligencija u industriji nafte i gasa donese odgovore u različitim domenima, od zaustavljanja odliva mozgova, uvećanja efikasnosti, do toga kako da se kompanija u potpunosti pripremi za uvođenje AI (Lashari S.e Z., 2018).

Veštačka inteligencija (AI) uskoro će učiniti poslovanje u mnogim industrijama pouzdanijim i sigurnijim. Velika i udaljena postrojenja za naftu i gas suočavaju se sa raznim rizicima, uključujući sabotažu, krađu, vandalizam, kvar sistema, požar, kršenje ekoloških propisa i druga pitanja koja mogu poremetiti, pa čak i paralisati poslovanje naftne kompanije. Veštačka inteligencija, koja čini video kamere i druge senzore pametnijim nego ikada ranije, može pomoći operaterima da ublaže ove rizike i poboljšaju efikasnost kroz automatizaciju procesa daljinskog nadzora i kontrole.

Skorašnja istraživanja u svetu pokazuju da 92% naftnih i gasnih kompanija trenutno ulaže u neki oblik veštačke inteligencije, ili barem planira da to uradi u narednih nekoliko godina. Da bismo procenili potencijal veštačke inteligencije za sektor nafte i gasa, ključno je razumeti da veštačka inteligencija nije samo algoritam, alat, deo softvera ili proces. Umesto toga, mora se posmatrati kao sistem tehnologija, podataka i sposobnosti koji je, u celini, dizajniran da dopuni ili čak zameni specifične ljudske kompetencije. Ove mogućnosti se mogu primeniti na širok spektar oblasti proizvodnje nafte i gasa, pa ćemo u radu detaljnije prikazati tri oblasti: praćenje, automatizaciju i analitiku, koji su usko usklađeni u praksi (Hangyi Li, et al., 2022).

Monitoring radi obezbeđivanja pouzdanog i sigurnog rada

Postoji sve veća potreba za daljinskim nadzorom postrojenja za proizvodnju nafte i gasa, vođena rastućim troškovima lanca snabdevanja, nedostatkom veština i radne snage za praćenje proizvodnje, kao i sve većim pritiskom da postane održivija. Uzmimo u obzir da troškovi posete naftnoj bušotini za dve osobe mogu biti i do 10 000 dolara dnevno, ali i da je ručno praćenje proizvodnje nafte i gasa na udaljenim objektima veoma skupo. Zbog toga mnoge kompanije žele da upravljaju i automatizuju osmatranje na daljinu (Narciso D.A.,C., 2020).

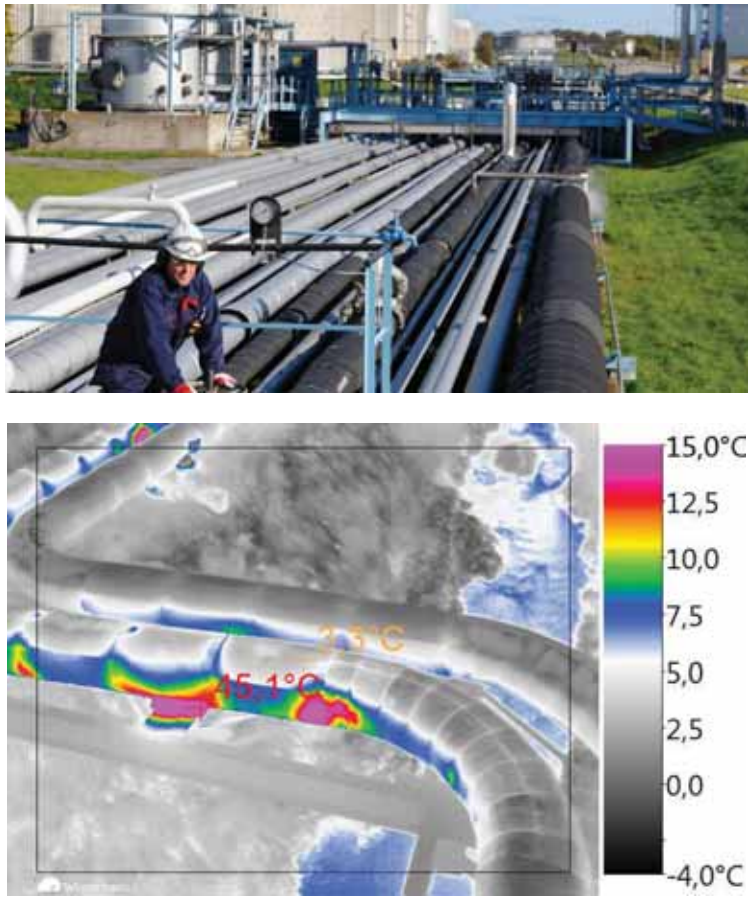
Međutim, daljinsko osmatranje primenom dosadašnjih tehnologija, kao što su senzori, često je nepouzdan proces, težak za instalaciju i skup za rad, pored toga što je ograničen u funkcionalnosti i prilagodljivosti. Zbog toga se pojavljuju digitalne tehnologije zasnovane na veštačkoj inteligenciji. Gde god su ljudske oči potrebne za praćenje i poboljšanje operacija, kao i bezbednosti u udaljenim pogonima za proizvodnju nafte i gasa, pametni video sistemi mogu učiniti isto. U mnogim slučajevima čak i bolje, i ne ograničavajući se na sigurnost.

AI čini praćenje operacija pametnijim kroz kognitivne mogućnosti, osnažujući IoT uređaje da podrže ili čak preuzmu zadatke ljudi u mnogim proizvodnim oblastima. AI može otkriti obrasce i signale u senzornim podacima, kao što su video snimci sa nadzornih kamera, koji su izvan uobičajene ljudske percepcije (Slike 1 i 2).

Kamera opremljena AI video analitikom za praćenje baklji detektuje anomalije u plamenu kao što su tamne mrlje usled čađi, kao i nestanak plamena. Ovaj tip osmatranja sprovodi se radi poštovanja ekoloških propisa i izbegavanja visokih kazni tako što će se obezbediti čisto spaljivanje, ali i da bi se otkrila pojava dima, kako bi se sprečila opasnost po ljude od požara i intoksikacije.

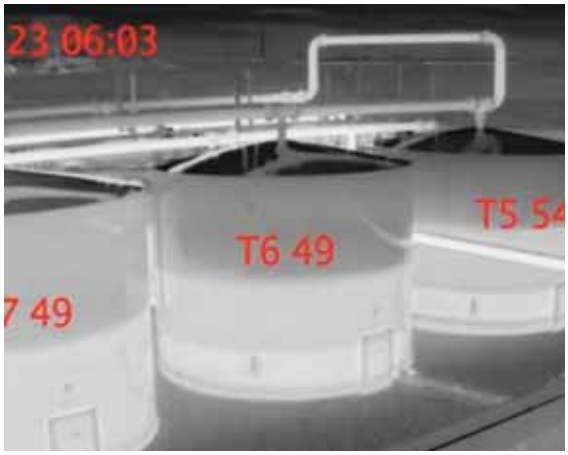
Gde god je u proizvodnji ili transportu nafte i gasa potrebno pametno osmatranje, konvencionalne tehnologije nisu dovoljne, AI može dati dragocen doprinos u obezbeđivanju pouzdanih operacija. Primena AI pomoću nadzornih kamera u praćenju rada i bezbednosti objekata i naftovoda poznata je i u sledećim oblastima: za otkrivanje i prijavljivanje krađe i vandalskog ponašanja, za praćenje nivoa tečnosti u rezervoarima pomoću termičke slike vođene veštačkom inteligencijom, otkrivanje curenja u rezervoarima i cevovodima pomoću dronova sa AI video-nadzorom, automatsko otkrivanje nesreće u kojima su ugroženi ljudi i pozivanje pomoći, za otkrivanje kršenja propisa o bezbednosti na radu, praćenje usklađenosti sa LZO, itd.

Slika 1. *Video kamere koje podržavaju veštačku inteligenciju pomažu u praćenju gorenja baklje (Izvor: Noctuai)*



Slika 2. *Inspekcija cevovoda korišćenjem dronova opremljenih termovizijom (Izvor: Workswell Infrared)*

Rezervoari su ključni deo kritične infrastrukture u proizvodnji nafte i gasa. Bez obzira da li se skladišti voda, ulje ili hemikalije, izazov za operatere je da prate nivo svih rezervoara u bilo kom trenutku kako bi otkrili prepunjenost, kao i nestašice, i preduzeli odgovarajuće mere. Konvencionalni senzori unutar kontejnera su skloni netačnim merenjima i habanju, a održavanje uključuje rizik za tehničare i zastoje u postrojenju. Termovizijske kamere sa AI pogonom omogućavaju neinvazivno praćenje nivoa rezervoara bez podizanja otvora rezervoara. Na Slici 3 dat je prikaz termovizijske kamere sa detekcijom nivoa tečnosti.



Slika 3. *Detekcija nivoa tečnosti u rezervoarima pomoću termovizijske kamere (Izvor: Plainsight, LLC)*

U ovom slučaju, video kamera sa veštačkom inteligencijom detektuje i prijavljuje curenje u cevima i rezervoarima u realnom vremenu. U slučaju kritičnog događaja, sistem detektuje odstupanje od standardnog stanja i prijavljuje problem (Slika 4). Tako je moguće: automatizovati 24/7 nadzor rezervoara i naftovoda, sprečiti gubitak vode u slučaju nafte i hemikalija i izbeći kontaminaciju zemljišta, ali i smanjiti zastoje u postrojenju zbog popravke i punjenja velikih rezervoara.

Slika 4. *Video kamera sa veštačkom inteligencijom detektuje i prijavljuje curenje u cevima i rezervoarima u realnom vremenu (Izvor: Plainsight, LLC)*

Pored navedenih mogućnosti primene, treba pomenuti i da AI video kamere prepoznaju registarske tablice i pomažu u automatizaciji upravljanja pristupom vozilu. Dronovi opremljeni AI video tehnologijom automatski pregledaju cevovode za curenje. Izvodi se održavanje postrojenja za proizvodnju nafte i gasa, kao i automatsko kartiranje svojstava stena ležišta u oblasti ležišta ugljovodonika, geološka procena izdvajanjem geoloških podataka pomoću geofizičkog karotaža i detekcija tipa izbušene stene. Moguće je utvrditi i potencijalni kvar primenom telemetrijskog praćenja bušenja u realnom vremenu, ali i predvideti efikasnost izrade bušotine.

Automatizacija – za povećanje efikasnosti rada na udaljenim lokacijama

Navedeni primeri pokazuju šta senzori kao što su nadzorne kamere opremljene AI analitikom mogu da urade. Međutim, to je samo vrh ledenog brega kada je u pitanju težnja da se praćenje i kontrola udaljenih proizvodnih objekata učini mnogo efikasnijim i pouzdanijim. Povezani sa drugim sistemima, pametni IoT senzori su kamen temeljac za širok opseg primena za automatizaciju nadgledanja i kontrole rada postrojenja za naftu i gas.

Na primer, sistemi kamera opremljeni AI video analitikom mogu da analiziraju video podatak kontinuiranog praćenja nivoa plamena ili tečnosti u rezervoarima i upozoravaju osoblje preko povezanih komunikacionih sistema u slučaju promena. Takođe, pametne video kamere mogu da kontrolišu sisteme barijera i automatizuju upravljanje pristupom u udaljenim proizvodnim objektima, koristeći AI registarske tablice, kao i da olakšaju prepoznavanje tipa vozila.

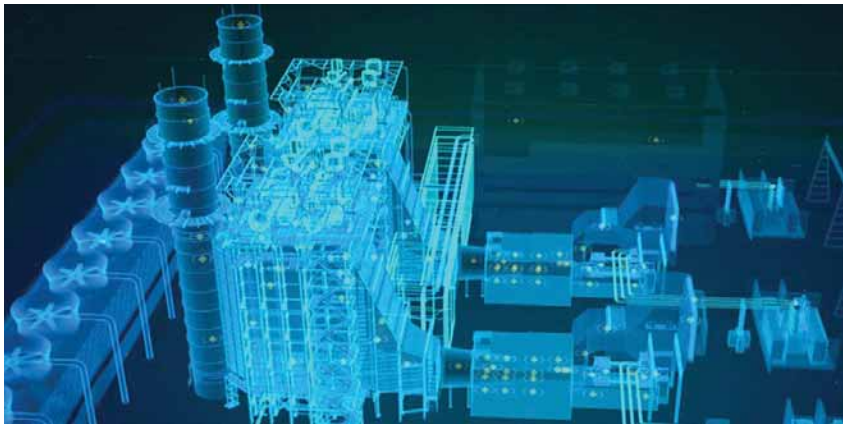
Ključni ciljevi (i prednosti) automatizacije vođene veštačkom inteligencijom u proizvodnji nafte i gasa su: prilagođavanje operacija u realnom vremenu, povećanje bezbednosti radnika, poboljšana efikasnost i učinak, svođenje neplaniranih zastoja teške opreme, predviđanje problema i standardizacija operacija na terenu.

Kako se modeli mašinskog učenja kontinuirano izučavaju radi boljeg razumevanja procesa u proizvodnim i transportnim objektima, softverske aplikacije i uređaji na kojima se pokreću postaju sve moćniji.

Analitika - donošenje odluka zasnovano na podacima

Veštačka inteligencija takođe pomaže u poboljšanju donošenja odluka obradom i analizom velikih količina podataka, čak i direktno u IoT uređajima bez potrebe za deljenjem podataka između sistema. Operateri koriste analitiku podataka za praćenje, npr. koje komponente u postrojenju deluju istrošeno i predviđaju kada ih treba servisirati ili zameniti.

Važna aplikacija za analitiku podataka je *Digital Tvins* - digitalni prikazi postrojenja za proizvodnju i transport nafte i gasa, koji pomažu u modeliranju i praćenju operacija obradom ogromnih količina senzorskih podataka u realnom vremenu (Slika 5).



Slika 5. *Aplikacija Digital Twins u rafineriji nafte (Izvor: GE Ventures via ARC)*

ZAKLJUČAK

Oko 92% naftnih i gasnih kompanija trenutno ulaže u neki oblik veštačke inteligencije, ili barem planira da to uradi u narednih nekoliko godina. Primene u oblastima osmatranja, automatizacije i analize podataka su gotovo neograničene, kao i tehnologije koje se stalno razvijaju. Međutim, treba naglasiti da veštačka inteligencija ne mora da bude veliki strateški projekat, već se može primeniti čak i u malim aplikacijama.

AI video analitika je dizajnirana da nadoknadi ograničenja ljudske percepcije i tradicionalnih čula. Gde god postoji potreba za pouzdanim i efikasnim praćenjem operacija 24/7, video tehnologija sa AI predstavlja alatku izbora.

Dalje oblasti primene za AI u proizvodnji i transportu nafte i gasa usmerene su ka: otkrivanju vandalizma i sabotaže na udaljenim lokacijama, inspekciji cevovoda pomoću dronova AI video tehnologijom, praćenju nošenja lične zaštitne opreme (LZO) i u otkrivanju nesreća u kojima ima nastradalih. Sa svakom novom aplikacijom za kameru, postojaće potpuno nove mogućnosti za kombinovanje, kako bi proizvodnja i transport nafte i gasa bili još efikasniji i bezbedniji.

LITERATURA

Hangyi Li, Gong C., Liu S., Xu J., Imani G., 2022. *ML – Assisted Prediction of Oil Production and CO_2 Storage Effect in CO_2-Water-Alternating-Gas Injection (CO2-WAG).* Applied Sciences, 12, 10958. 18 p.

Lashari S.e Z., 2018. *Applications of AI in Petroleum Engineering Problems*. Graduate Theses, Dissertations and Problem Reports. htpps://researchrepository.wvy.edu/etd/6041.

Narciso D.A.,C., 2020. *Application of ML tools for energy efficiency in industry: A review*. Energy Reports 6. 1181-1199.

Prof. dr. sci. Zlatko Kovačević, dipl.ing.saobraćaja[1]

Originalni naučni rad
UDK 656.13.05:007.52

MJESTO I ULOGA VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U DRUMSKOM SAOBRAĆAJU DANAS U SVIJETU I KOD NAS

Sažetak

Pojam „vještačka inteligencija“ ili „umjetna inteligencija“ u literaturi se često skraćeno imenuje kao „**AI**“, pa će u ovom radu u pojedinim dijelovima tako biti i navedena. Vještačka inteligencija je duboko ukorijenjena u svakodnevnom životu današnjeg čovjeka. Njene velike prednosti i koristi su nesumnjive, ali već su poznati i mnogi problemi koje ista donosi čovječanstvu na generalnom planu. Ni drumski saobraćaj nije ostao imun na sve prednosti ali i na mnoge probleme koje donosi **AI** tehnologija a koje možemo prepoznati već danas u drumskom saobraćaju u svijetu i kod nas u Bosni i Hercegovini.

Velika brzina promjena koju AI tehnologija stvara otvara i mnoge posljedice takve primjene kako u drumskom saobraćaju, tako i u svim drugim sferama života čovjeka. Svakako da će ljudi u budućnosti morati proći kroz novi složeni ciklus obuke zbog preuzimanja nove uloge **AI** tehnologije, a isto tako će i vlade svih zemalja (država) morati biti odgovorne za nadzor **AI**.

U ovom radu biće navedena razmišljanja autora o mjestu i ulozi **AI** tehhnologije i na motorna vozila, a posebno „autonomna vozila“ i na korišćenje istih na postojećoj i očekivanoj saobraćajnoj infrastrukturi u Bosni i Hercegovini i okruženju.

Ključne riječi: vještačka inteligencija, drumski saobraćaj, autonomna vozila, nadzor, vozač.

THE PLACE AND ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ROAD TRAFFIC TODAY IN THE WORLD AND IN OUR COUNTRY

Summary

The term „artificial intelligence“ is often abbreviated as „AI“, in the literature, so it will be referred to as such in certain parts of this paper. Artificial intelligence is deeply rooted in the everyday life of today´s modern man. Its great advantages and benefits are unquestionable, but many problems that AI brings to humanity in general are already known. Road traffic has not remained immune to all the advantages, but also to many problemas brought by AI technology, which we can already recognize today in road traffic in the world and here in Bosnia and Herzegovina.
The high spead of changes created by AI technology opens up many consequences of such application both in road traffic and in all other areas of human life. Certainly, in the future, humans will have to go through a new complex cycle due to taking on the new role of AI technology, and also goverments of all countries will have to be responsible for overseeing AI.

[1] Prof.dr.sci. Zlatko Kovačević, dipl.ing.saobraćaja, vanredni profesor EU (Kallos” u Tuzli i Brčko distrik) BiH, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu (SRB), e-mail: zlatko.ko@gmail.com

In this paper, the autor´s thoughts on the place and role of AI technology and on motor vehicles, especially „autonomus vehicles“ and their use on the existing and expected traffic infrastructure in Bosnia and Herzegovina and the surrounding area will be stated.

Key words: artificial intelligence, road traffic, autonomus vehicles, surveillance, driver.

1. Uvod

Opšte je poznato da saobraćajna infrastruktura ima veliki uticaj na sve ljudske djelatnosti na određenom prostoru, pa tako i na razvoj privrede i standard stanovništva na tom prostoru i široj okolini. U uslovima globalizacije sveukupnih odnosa sasvim je prirodno da se stanje ove infrastrukture ozbiljno analizira sa aspekta njene pripremljenosti za nastupajuću eru vještačke inteligencije, odnosno AI tehnologije u drumskom saobraćaju. Ovaj uticaj posebno naglašavamo zbog očekivane primjene **autonomnih vozila**.

Vještačka inteligencija (AI) je duboko ukorijenjena u svakodnevnom životu savremenog čovjeka. Nesumnjivo je da čovječanstvo ima velike koristi od primjene AI tehnologije, ali moramo se pozabaviti i pitanjem – koje su to potencijalne opasnosti koje prijete od AI, a u ovom radu će biti riječi posebno o potencijalnim opasnostima koje prijete od korišćenja autonomnih vozila u našim uslovima.

Smatram da nije svrsishodno ovdje navoditi objašnjenja o kvalitetu drumskih saobraćajnica posebno u Bosni i Hercegovini, obzirom da je opšte poznat nizak nivo kvaliteta drumskih saobraćajnica u BiH, što pored ostalog, ima za posledicu zaostajanje u razvoju i visok nivo materijalne štete i gubitak ljudskih života u BiH.

2. Problem saobraćajne infrastrukture u BiH

U saobraćajnom smislu, Bosna i Hercegovina, kao država, danas zaostaje za okruženjem. Koridor Vc, koji treba da „prođe“ kroz BiH od sjevera ka jugu i tako poveže centralnu Evropu preko sjeverne Hrvatske sa lukom Ploče na Jadranskom moru, kasni sa izgradnjom i puštanjem u upotrebu već preko 11 godina, a poslednje najave su da bi isti trebao biti gotov za sledećih 5 godina, što na bazi dosadašnjih rezultata nije izvjesno.
U postojećem stanju u BiH nedostaje preko 1000 kilometara kvalitetnih drumskih saobraćajnica namijenjenih isključivo za saobraćaj motornih vozila. Države u okruženju, posebno Hrvatska, a u poslednje vrijeme i Srbija, već su puno uradile i efikasno rade na poboljšanju saobraćajne drumske infrasrtrukture.

Kvalitetno projektovan, izveden i održavan put, kao jedan od osnovnih faktora bezbjednosti drumskog saobraćaja, stvara preduslove da ne dođe do nebezbjednih situacija u drumskom saobraćaju, on treba da spriječi saobraćajnu nezgodu kada dođe do greške učesnika u saobraćaju (pa i greške vozača), a kada dođe do saobraćajnih nezgoda – put treba da spriječi ili ublaži nastale posljedice.

Dakle, put, odnosno saobraćajnica, u velikoj mjeri utiče na bezbjednost drumskog saobraćaja, a očekivane promjene na motornim vozilima u vezi sa primjenom vještačke inteligencije i

naročito sa pojavom autonomnog vozila u javnom saobraćaju na takvim putevima predstavljaju poseban izazov.

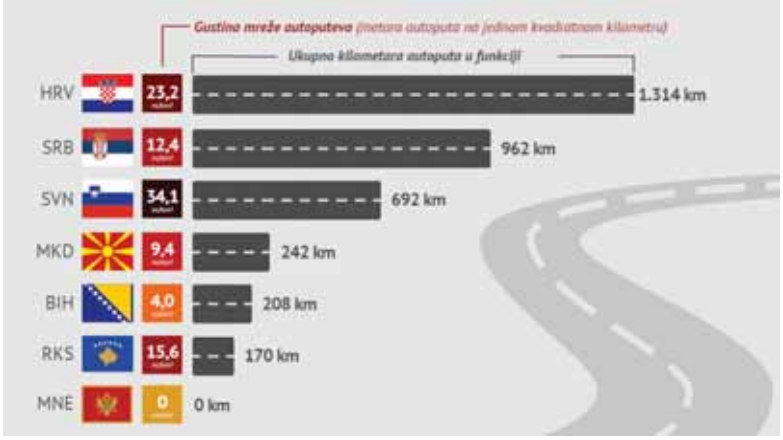
U Bosni i Hercegovini su duži niz godina izostajale značajnije investicije u putnu infrastrukturu (posebno je izraženo kašnjenje u realizaciji planiranih aktivnosti), njeno planiranje, projektovanje, izvođenje i održavanje.

Za posljednjih 10-11 godina na koridoru Vc izgrađena je samo jedna trećina od planirane dužine autoputa (koji će kroz BiH biti dugačak oko 338 km).

Opravdanost ubrzane gradnje novih i modernizacija postojećih drumskih saobraćajnica nije upitna. Ovakav pristup podržavaju sve zvanične međunarodne institucije, upravo zbog izuzetnog i velikog uticaja drumskih saobraćajnica na međunarodne integracije.

Problemi na drumskoj saobraćajnoj infrastrukturi BiH ogledaju se još i na neuređenoj zakonskoj regulativi, nedisciplini učesnika u saobraćaju kao i na neučinkovitoj kaznenoj politici [3]. Nadležni bi trebalo da razmisle o dodatnoj edukaciji, preventivi i naučnoistraživačkom radu u oblasti bezbjednosti drumskog saobraćaja. Kada ovakvom stanju drumske saobraćajne infrastrukture dodamo još i autonomna vozila, onda dobijamo pouzdan signal na opasnost u primjeni istih.

U nastavku je dat grafički prikaz gustine mreže autoputeva (iz 2020.godine) u BiH i okruženju, sa pokazateljem o ukupnoj dužini izgrađenih autoputeva u funkciji (u zemljama okruženja):



Slika 2: Gustina mreže autoputeva (2020.godine) u BiH i okruženju

Svakako, na bazi analize stanja današnje mreže puteva, moramo zaključiti da je kvalitet drumskih saobraćajnica u BiH nezadovoljavajući, te da isti nije pripremljen za korišćenje autonomnih vozila.

Sama izgradnja budućeg autoputa od Beograda do Sarajeva, preko Bijeljine, Brčkog i Tuzle, će doprinijeti rješenju problema zaostajanja cijelog regiona i osigurati realizaciju uravnoteženog i ubrzanog razvoja transportnih podsistema u skladu sa usvojenim strateškim dokumentima, odnosno daljim međunarodnim integracijama u regionu, ali dinamika izgradnje je upitna, obzirom na političko uređenje i neodgovornost u realizaciji potpisanih sporazuma i Ugovora, pa se sa sigurnošću ne može pretpostaviti rok završetka i puštanja u upotrebu ovog budućeg autoputau BiH.

3. Stanje u vezi sa istraživanjem vještačke inteligencije na svjetskom nivou

Preko 80 % Evropljana danas tvrdi da se AI tehnologijama treba pažljivije upravljati, obzirom na već uočene neplanirane probleme.

Veliki svjetski umovi (kao što su Bill Gates, Ilon Musk, Gary Marcus, Steve Vozniak, i drugi) su već zabrinuti u smislu – da li bi AI, u nekom trenutku svog razvoja i primjene, mogla napasti ljude, odnosno da već danas postoji mogućnost da se AI otme kontroli i da mašine odluče da su im ljudi prijetnja, što praktično znači da postoji mogućnost da se roboti okrenu protiv ljudi. Poseban problem nastaje obzirom na neviđenu brzinu promjena koju ova nova tehnologija stvara, kao i moguće posljedice njene primjene.

Svakako da će stanovništvo svih zemalja svijeta u budućnosti morati dodatno da se obučava u vezi sa preuzimanjem nove uloge AI tehnologije, i da će vlade svih zemalja svijeta (preko 200 vlada) morati biti odgovorne za rješavanje pitanja nadzora i kontrole AI tehnologije. Ozbiljni privrednici u svijetu su, sagledavajući potencijalne koristi od AI tehnologije, već zabrinuti zbog saznanja da AI tehnologija može imati i negativne učinke na cijelo društvo.

Jedan od najvećih svjetskih biznismena, g-din Bill Gates već naglašava „da postoji prijetnja koju predstavljaju ljudi naoružani umjetnom inteligencijom“ i „da postoji mogućnost da umjetna inteligencija odluči da su ljudi prijetnja, te da su njeni interesi drugačiji od naših ili jednostavno prestane mariti za nas“ [5]. Danas, grupa preko 1000 svjetskih stručnjaka za umjetnu inteligenciju, poziva na moratorijum od šest mjeseci, odnosno na pauzu u razvoju sistema umjetne inteligencije, i to sve dok se ne razviju zajednički sigurnosni protokoli (i isti ne implementiraju i dok ih ne revidiraju nezavisni stručnjaci). U pismu ove reprezentativne grupe industrijalaca i stručnjaka stoji, pored ostalog, da „moćne AI sisteme treba razvijati tek kada budemo sigurni da će njihovi učinci biti samo pozitivni, i da će se rizicima moći upravljati“. Profesor-emeritus na Univerzitetu New york (SAD) g-din Gery Marcus ističe: „moramo usporiti dok bolje ne shvatimo posljedice. AI može prouzrokovati ozbiljnu štetu ...“.

Nezvanični „kum umjetne inteligencije“ g-din Goeffrey Hinton ovih dana je najavio svoju ostavku u Googleu u intervjuu za New York Times, rekavši da „sada žali zbog svog rada“ na razvoju AI tehnologije, upozoravajući na sve veće opasnosti od razvoj na polju AI-a“. On ističe da su neke od opasnosti AI tehnologije „prilično zastrašujuće“. Kaže, „trenutno nisu inteligentniji od nas, koliko ja vidim, ali mislim da bi uskoro mogli biti“. On dalje ističe: „Teško je vidjeti kako možete spriječiti loše aktere da to iskoriste za loše stvari“ [6].

Svi pomenuti (i nepomenuti, od njih preko 1000) stručnjaci pozvali su na pauzu u razvoju AI tehnologija da bi se omogućilo vrijeme u kojemu bi se provjerilo i uvjerilo jesu li sigurni.

4. Vještačka inteligencija u drumskom saobraćaju

Tehnološka rješanja zasnovana na vještačkoj inteligenciji, poput automobila kojima nije potreban vozač za upravljanje, zasnovana su na tzv. „mašinskom učenju“, koja pomoću kompleksnih računarskih sistema simuliraju ljudsku inteligenciju. Današnja vozila su u velikoj mjeri opremljena automatizovanim mehanizmima koji su dizajnirani da pomognu ili zamijene vozača i poboljšaju bezbjednost u drumskom saobraćaju.

U nastavku ovog rada navodim samo neka od tih mehanizama-rješenja koja pomažu vozačima:

- Sistem protiv blokiranja točkova (ABS),
- Elektronska raspodjela sile kočenja (REF),
- Inteligentni sistem za pomoć kod naglog kočenja (AFU),
- Sistem za kontrolu stabilnosti vozila (ESP),
- Detektor niskog pritiska u gumama (DSG),
- Automatsko uključivanje dnevnih svjetala,
- Automatsko prebacivanje sa dugih na kratka svjetla,
- Indikator za nezakopčan sigurnosni pojas,
- Upozorenje za pomoć pri mijenjanju stepena prenosa u višu brzinu (GSI),
- Aktivni sistem za alarmiranje kod nenamjernog prelaska-napuštenja saobraćajne trake,
- Prepoznavanje znakova ograničenja brzine, i mnoga druga.

U postojećim uslovima čak i najviši nivo automatizacije vožnje koji je dostupan vlasnicima automobila zahtijeva puno angažovanje vozača.

Jedan od velikih izazova kod razvoja AI tehnologije u automobilima jeste i obezbjeđenje dovoljne pouzdanosti da se istti mogu koristiti u realnim uslovima na javnim putevima.

Danas se već pojavljuju razmišljanja i pitanja o „pravnim i etičnim normama“ koje prethodno treba riješiti kod primjene autonomnih vozila, kao što su pitanja bezbjednosti i odgovornosti pojedinih učesnika u saobraćaju (prije svih: vozača, putnika, pješaka, ali i lica zaduženih za upravljanje putevima, i drugih). Uprkos navedenim izazovima, razvoj autonomnih vozila napreduje velikom brzinom i već se u pojedinim razvijenijim i bogatijim zemljama vrše testiranja njihove primjene na određenim javnim putevima (još uvijek – u posebnim uslovima).

U ovom smislu, autor je pripremio i provodi jedno istraživanje o „sveprisutnosti“ AI tehnologije u automobilima današnjice, kao i o tome – da li građani učesnici u drumskom saobraćaju (vozači, putnici, pješaci) u Bosni i Hercegovini i Srbiji (u gradovima Tuzla, Brčko, Novi Sad i Beograd, na uzorku od preko 500 anketiranih slučajno izabranih lica) podržavaju istraživanja o „autonomnom vozilu“ (bez vozača), te kako bi se osjećali kao putnik u autonomnom vozilu (potpuno automatizovanom – bez vozača). Anketni obrazac (sa ponuđenim odgovorima) dat je u prilogu ovog rada.
Utemeljene pretpostavke – hipoteze autora pomenutog istraživanja su:

- kao ljudi – učesnici u saobraćaju (vozači, putnici i pješaci) podržavamo istraživanja o mogućnosti upotrebe autonomnih vozila (bez vozača) u budućnosti,
- učesnici u saobraćaju iz BiH i okruženja bi se osjećali sigurno i bezbjedno u autonomnim vozilima,
- putnici (iz BiH i okruženja) bi sa zadovoljstvom prihvatili da se voze u potpuno autonomnim vozilima bez vozača,
- za narednih dvadesetak godina stanovništvvo zemalja Bakana neće biti spremno za saobraćaj potpuno automatizovanih vozila,
- učesnici u drumskom saobraćaju (na Balkanu) su svjesni koristi koje imaju od AI tehnologije, pa
- ušesnike u drumskom saobraćaju u BiH (i okruženju) ne plaši vještačka inteligencija.

Kako je istraživanje još u toku, još nemamo rezultate ove ankete (ovog istraživanja).

Kada je riječ o bezbjednosti uvođenjaAI tehnologije, prema dostupnim izvorima [7] tri su ključne oblasti bezbjednosti vještačke inteligencije u vozilima:

- *Usaglašenost*, tj. obezbjeđivanje uslova u kojima će ponašanje sistema i svih njegovih elemenata biti u potpunosti usaglašeno (usklađeno i održivo) sa namjerama dizajnera (projektanata AI tehnologije);
- *Pouzdanost*, tj. obezbjeđivanje garancije da sistem AI tehnologije neće pokazati neočekivano ponašanje u širokom spektru uslova sa kojima se sreće u realnom vremenu, i
- *Povjerljivost (i mjerljivost),* tj. obezbjeđivanje uslova da sistem bude uređen na način da je uvijek provjerljiv i potpuno razumljiv.

5. AI tehnologija u automatizaciji motornih vozila - autonomno vozilo

Pojam „autonomno vozilo“ i kod nas je već odomaćen (u širem smislu pod istim podrazumijevamo i „pametno vozilo“). Ali, treba pojasniti šta on zapravo predstavlja. Sam pojam „autonomno vozilo“ prvi u svijetu su definisali stručnjaci iz Američke nacionalne uprave za bezbjednost saobraćaja na autoputevima, kao i stručnjaci iz Društva automobilskih inžinjera SAD-a. Oni su AI tehnologiju u automatizaciji motornih vozila pretpostavili u 6 različitih nivoa automatizacije vozila odnosno vožnje, počevši od nultog nivoa (bez automatizacije na vozilu), do nivoa 5 (potpuna automatizacija, vozilo bez vozača).

Na nivou 0 (nula) **nema automatizacije** i vozač ima punu kontrolu nad vozilom u svakom trenutku. Takvih vozila kod nas u BiH i okruženju još uvijek ima u saobraćaju.
Na nivou 1 (**pomoć vozaču**) – vozilo ima naprednije automatizovane funkcije (kao što su održavanje pravca u saobraćajnoj traci, ili prilagodljivi tempomat) ali vozač mora ostati pažljiv i spreman da preuzme kontrolu nad vozilom u bilo kom trenutku.
Na nivou 2 (**djelimična automatizacija**) – vozilo ima neke automatizovane funkcije (kao što su mogućnosti kontrole ubrzanja, kontrole kočenja i upravljanja) ali vozač i dalje mora da nadgleda okolinu i da bude spreman da interveniše ako bude potrebno.
Na nivou 3 (**uslovna automatizacija**) – vozilo je u stanju da obavlja sve zadatke vožnje pod određenim uslovima, ali vozač mora biti spreman da preuzme kontrolu nad vozilom ako se vozilo nađe u saobraćajnoj situaciji s kojom „ne može da se nosi“ bez intervencije vozača.
Na nivou 4 (**visoka automatizacija**) – vozilo je već u stanju da ispunjava sve zadatke vožnje u širokom spektru uslova, ali od vozača se i dalje očekuje i zahtijeva da preuzme kontrolu u određenim složenim saobraćajnim situacijama (kao što je loše vrijeme ili složeni saobraćajni uslovi). Danas već imamo u saobraćaju vozila na ovom nivou (u izolovanim i probnim uslovima upotrebe).
Na nivou 5 (**potpuna automatizacija**) – vozilo je u stanju da ispunjava sve zadatke vožnje pod bilo kojim uslovima, pa u vozilu nije ni predviđen vozač (**vozilo bez vozača**), a ukoliko se u vozilu i nalazi vozač – od njega se ne zahtjeva da preuzima kontrolu nad vozilom. Na ovom (petom) nivou će biti tzv „pametni“ odnosno autonomni automobili, ali još nije izvjesno kada će AI tehnologija doći do ovog nivoa.

Prema navedenim nivoima automatizacije motornih vozila nalazimo da u prva tri nivoa (nivo 0, nivo 1 i nivo 2) vozač prati okruženje i saobraćajnu situaciju i upravlja vozilom, a kod sljedeća tri nivoa (nivo 3, nivo 4 i nivo 5) na sceni je auomatizovani sistem vožnje koji prati saobraćajnu situaciju i doprinosi upravljanju vozilom (na nivou 5 – bez vozača).

6. Prednosti i nedostatci AI tehnologije u drumskom saobraćaju

Pored niza prednosti koju AI tehnologija donosi u drumski saobraćaj, postoje i brojni izazovi koje treba riješiti prije nivoa 5 – potpuno automatizavanih vozila bez vozača na javnim putevima.

Očekivane prednosti primjene AI tehnologije u automobilima, (posebno kod primjene u autonomnim vozilima), su:

- povećanje bezbjednosti u saobraćaju,
- ekonomske i društvene koristi,
- veći protok vozila na saobraćajnicama (veći kapacitet istih saobraćajnica),
- povećanje mobilnosti ljudi (posebno starijih, hendikepiranih i lica sa drugim ograničenjima u kretanju),
- povećanje produktivnosti putnika,
- povoljniji uticaj na životnu sredinu (kroz smanjenje negativnog uticaja vozila na ŽS),
- smanjnje potreba za parking prostorima, ...

Iako su navedeni pozitivni efekti AI tehnologije očekivani, ovdje se moramo podsjetiti i nekih nedostataka primjene vještačke inteligencije u automobilima. Svakako mislimo na pitanja bezbjednosti i pouzdanosti sistema primjene vještačke inteligencije u našim uslovima. A koji-kakvi su to „naši“ uslovi? Naši uslovi u BiH i okruženju su sledeći:

- nizak standard stanovništva,
- nizak nivo saobraćajno-tehničke kulture učesnika u saobraćaju, i
- nepripremljena i loša saobraćajna infrastruktura kojoj treba nesrazmjerno više vremena za dovođenje u stanje za primjenu autonomnih vozila (u odnosu na razvijeniji dio svijeta).

Kao mogući problem i razlog u kašnjenju u realizaciji primjene autonomnih vozila kod nas možemo istaći i neke subjektivne okolnosti, kao što su:

- dok ima samo jedan učesnik-vozač za upravljačem automobila (pored svih ostalih autonomnih vozila) nije realno očekivati nivo 5 (bezbjedaan saobraćaj potpuno automatizovanih vozila),
- upitan subjektivan osjećaj putnika u autonomnim vozilima (bez vozača),
- „naše“ redovno kašnjenje u donošenju formalno-pravne regulative (zakonodavnog okvira) za primjenu AI tehnologije,
- šta ostaje osobama-vozačima koji uživaju u vožnji (kada vozač više nije potreban), ...

I na kraju da konstatujemo da AI tehnologija još nema odgovor na pitanje: šta će se dešavati u uslovima nepredvidivih akcidenata (udar groma, zemljotres, olujno nevrijeme – poplave, požari, i druge vanredne okolnosti)?

7. Zaključna razmatranja

Vještačka inteligencija je duboko ukorijenjena u svakodnevnom životu današnjeg čovjeka. Njene velike prednosti i koristi su nesumnjive, ali već su poznati i mnogi problemi koje ista donosi čovječanstvu na generalnom planu. Ni drumski saobraćaj nije ostao imun na sve prednosti ali i mnoge probleme koje donosi AI tehnologija. O prednostima ne treba trošiti riječi, ali izazovi i problemi su narasli do te mjere da su najkompetentniji ljudi planete, u okviru preko

hiljadu AI stručnjaka i najvećih privrednika svijeta pozvali na pauzu u razvoju AI tehnologije dok se ne razviju zajednički sigurnosni protokoli za njenu dalju primjenu (i u obliku potpuno automatizovanih autonomnih vozila – bez vozača), te dok se ti protokoli ne implementiraju i dok ih ne revidiraju nezavisni stručnjaci.

I nakon oezbjeđenja očekivanog zajedničkog sigurnosnog protokola za primjenu vještačke inteligencije u drumskom saobračaju na nivou 5 (na svjetskom nivou), zbog niza ograničenja u vezi sa niskim standardom stanovnika BiH i zemalja u okruženju (na Balkanu), kao i u vezi sa niskim nivoom saobraćajno-tehničke kulture na ovim prostorima, a posebno zbog nepripremljenosti putne saobraćajne infrastrukture, još nije izvjesno kada će AI tehnologija doći na nivo 5, odnosno na nivo potpune automatizacije i kretanja drumskih vozila bez vozača u BiH i zemljama okruženja.

Ostaje bojazan AI stručnjaka na svjetskom nivou da „moramo usporiti“ dalji razvoj vještačke inteligencije „dok bolje ne shvatimo posljedice“, jer AI može prouzrokovati ozbiljne štete ako se ne nađu „pravi“ odgovori na zajedničke sigurnosne protokole za slučajeve – kada bi „roboti mogli odlučiti da im ljudi više nisu potrebni“ ili da su im ljudi prijetnja, kao i za slučajeve raznih akcidentnih situacija i nepredvidivih događaja.

Pregled korišćene literature:

1. Kulović M.: *Drumski saobraćaj i transport*, Panevropski univerzitet APEIRON, Banja Luka, 2013.
2. Okvirna strategija transporta Bosne i Hercegovine, NACRT, 2016.
3. Zakon o osnovama bezbjednosti saobraćaja na putevima u BiH („Službeni glasnik BiH“, broj: 06/06, 75/06, 44/07, 84/09, 48/10, 18/13 i 8/17).
4. Eurostat, FZS, obrada FZZ PR, 2017.
5. Internet, Klix.ba, 26.03.2023.
6. Internet, TIP.ba, 02.05.2023.
7. Artificial intelligence in automated driving an analysis of safety and cyber security challanges – Europen Union 2022 – JRC 127189.
8. Ostali internet izvori

U prilogu „anketni obrazac“ za u radu pomenuto istraživanje autora na ovu temu:

Prof.dr.sci. **Zlatko Kovačević,** dipl.ing.drumskog saobraćaja
e-mail: zlatko.ko@gmail.com (i telefon: 00 387 062 991 352)

U: TZ BČ NS BG (zaokružiti)
Dana: _____2023. godine

ANKETNI OBRAZAC

u vezi sa istraživanjem na temu:

“**Mjesto i uloga VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE u drumskom saobraćaju danas u svijetu i kod nas**”

(pojmove: “vještačka inteligencija” ili “umjetna inteligencija” označavamo skraćeno: **AI**) broj: ____/500/

r/b	Anketno pitanje	Ponuđeni odgovori (zaokružiti)	
1	Šta po Vašem mišljenju podrazumijeva pojam VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA, sa aspekta drumskog saobraćaja?	a) svaka automatska obrada podataka u vozilu b) robotizacija – pri izradi vozila i kod upravljanja c) davanje informacija o uslovima saobraćaja d) _____	
2	Da li podržavate istraživanja o tzv. “autonomnom vozilu” bez vozača?	a) DA b) NE c) _____	
3	Kako bi se Vi osjećali kao putnik u “autonomnom vozilu” potpuno automatizovanom, u kome nema vozača?	a) Nesigurno / nebezbjedno b) Sigurno / bezbjedno c) Uplašeno d) _____	
4	Da li bi prihvatili da Vas kao putnika vozi potpuno automatizovano autonomno vozilo bez vozača?	DA NE	
5	Kada će, po Vašem mišljenju, zemlje Balkana biti spremne za saobraćaj potpuno automatizovanih autonomnih vozila bez vozača?	a) Nikada b) Za oko 20 godina c) Za više od 20 godina d) _____	
6	Da li su ljudi (čovječanstvo) svjesni – koje koristi imamo od primjene VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE (u drumskom saobraćaju), a koje su sve potencijalne opasnosti?	a) Nisu b) Jesu c) Jesu djelimično d) _____	
7	Da li Vas plaši VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA u vezi sa eventualnom mogućnošću napada na ljude, odnosno sa mogućim upravljanjem rizicima od upotrebe vještačke inteligencije?	a) Da, plaši b) Ne, ne plaši c) _____ d) _____	
8	Ko će, po Vama, biti odgovoran za nadzor VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE u budućnosti?	a) Vlade zemalja b) Specijalizovane agencije c) Pojedinci d) _____	

NAPOMENA:_____

_____ /potpis anketara/

_____ /po želji - potpis anketiranog lica/

MSc. Haris Berkovac[1]
Prof. dr Kovijanić Tijana[2]
Prof. dr. Adis Rahmanović[3]
Doc. dr. Maid Omerović[4]

Stručni rad
UDK 007.52:004.031.42

MOGUĆNOST I IZAZOVI PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE SA IKT TEHNOLOGIJAMA

Sažetak

Cilj ovog članka je prikazati mogućnosti i izazove primjene vještačke inteligencije u različitim oblastima, uz prikaz postupka primjene, osnovnih karakteristika, različitih modaliteta implemenatcije, kao i prikaz osnovnih benefita, mogućnosti i izazova kroz primjere primjene u različitim oblastima. Intenzivan razvoj i primjena vještačke inteligencije u koordinaciji sa IKT tehnologijama nas dovodi do promjene načina pristupa ili promjene cijele paradigme poslovanja, pa je potrebno sagledati mogućnosti, ali i izazove kod implementacije, ali i primjene ovakvih vrsta tehnologija. Izazovi korištenja ovakvih sistema najviše se manifestuju u domenu pristupa, adekvatnoj metodologiji implementacije i primjene, ali i sigurnosti u domenu eksploatacije. Kroz članak se prikazuju primjeri primjene vještačke inteligencije u koordinaciji sa IKT tehnologijama u nekoliko oblasti, kao i aspekti benefita i izazova uočeni kroz iste.

Ključne riječi: AI, IKT i umjetna inteligencija, ML

Abstract

The goal of this article is to show the possibilities and challenges of applying artificial intelligence in different areas, with a presentation of the application procedure, basic characteristics, different implementation modalities, as well as a presentation of the basic benefits, opportunities and challenges through examples of application in different areas. The intensive development and application of artificial intelligence in coordination with ICT technologies leads us to change the way of approach or to change the entire paradigm of business, so it is necessary to look at the possibilities, but also the challenges in the implementation and application of these types of technologies. The challenges of using such systems are mostly manifested in the domain of access, adequate methodology of implementation and application, but also security in the domain of exploitation. The article presents examples of the application of artificial intelligence in coordination with ICT technologies in several areas, as well as aspects of the benefits and challenges observed through them.

Keywords: AI, ICT i artificial intelligence, ML

[1] Univerzitet u Travniku, Fakultet za tehničke studije,Travnik, Bosna i Hercegovina, haris.berkovac@gmail.com (Haris Berkovac)
[2] Evropski univerzitet "Kallos" Tuzla; Univerzitet u Travniku, Fakultet za tehničke studije,Travnik, Bosna i Hercegovina, adis.r@rmub.ba (Adis Rahmanović),
[3] Univerzitet u Travniku, Fakultet za tehničke studije,Travnik, Bosna i Hercegovina, maid.omerovic@gmail.com (Maid Omerović)

1. Uvod

Na samom početku članka navodimo hipotezu koju želimo da kroz ovo istraživanje potvrdimo, a koju strukturamo i prikazujemo, kao generalnu, koja glasi: Razvojem i sve većom primjenom vještačke inteligencije u koordinaciji sa informaciono komunikacionim tehnologijama sve su veće mogućnosti za dobrobit ljudskoj zajednici i sredini, ali i izazovi povezani sa razvojem svijesti, morala i etike.

Izraz umjetna inteligencija široko se odnosi na primjenu tehnologije za obavljanje zadataka koji liče na ljudsku kognitivnu funkciju i općenito se definira kao sposobnost mašine da imitira inteligentno ljudsko ponašanje. AI obično uključuje teoriju i razvoj kompjuterskih sistema sposobnih za obavljanje zadataka koji obično zahtijevaju ljudsku inteligenciju, kao što su vizualna percepcija, prepoznavanje govora, donošenje odluka i prevođenje između jezika.

U praksi se AI (artificial intelligence) koristi kao krovni pojam koji obuhvata širok spektar različitih tehnologija i aplikacija. Mašinsko učenje (ML) je polje računarske nauke koje koristi algoritme za obradu velikih količina podataka i učenje iz njih. Za razliku od tradicionalnog programiranja zasnovanog na pravilima, ML modeli uče iz ulaznih podataka kako bi napravili predviđanja ili identificirali smislene obrasce bez eksplicitnog programiranja za to. Postoje različite vrste ML modela, zavisno o njihovoj predviđenoj funkciji i strukturi [1]:

Nadzirano mašinsko učenje: U nadziranom ML-u, model se trenira sa označenim ulaznim podacima koji su u korelaciji sa određenim izlazom. Na primjer, skup podataka fotografija životinja (ulazni podaci) može biti označen kao "mačke" ili "ne mačke" (izlazni podaci). Model se kontinuirano usavršava kako bi pružio precizniji rezultat kako dodatni podaci o obuci postanu dostupni. Nakon što model nauči iz obrazaca u podacima o obuci, onda može analizirati dodatne podatke kako bi proizveo željeni rezultat. Rezultati nadziranih ML modela obično pregledavaju ljudi radi preciznosti i vraćaju se u model radi daljeg usavršavanja. Nadzirani ML je uspješan kada model može konzistentno proizvesti tačna predviđanja kada se dobije s novim skupovima podataka. Na primjer, ML model uči da prepozna da li je nova slika mačka ili ne.

Nenadzirano mašinsko učenje: U nenadziranom ML-u, ulazni podaci nisu označeni niti je naveden izlaz. Umjesto toga, modeli se napajaju velikim količinama sirovih podataka, a algoritmi su dizajnirani da identifikuju sve temeljne smislene obrasce. Algoritmi mogu grupisati slične podatke, ali to čine bez ikakvog unaprijed stvorenog pojma izlaza. Na primjer, vremenska serija trgovačkih događaja može se unijeti u nenadgledani model, pri čemu model identifikuje grupe sličnih trgovanja, kao i izuzetke. Ljudi zatim tumače rezultate nenadziranih modela mašinskog učenja kako bi utvrdili da li su smisleni i relevantni.

Učenje sa podrškom: U učenju sa podrškom, model uči dinamički kako bi postigao željeni rezultat putem pokušaja i grešaka. Ako algoritam modela radi ispravno i postigne željeni rezultat, nagrađuje se. Suprotno tome, ako ne proizvede željeni učinak, kažnjava se. U skladu s tim, model s vremenom uči da radi na način koji maksimizira neto nagradu. Na primjer, u industriji vrijednosnih papira, istražuju se modeli učenja s pojačavanjem za određivanje cijena opcija i zaštite od rizika.

Duboko učenje: Model dubokog učenja izgrađen je na umjetnoj neuronskoj mreži, u kojoj algoritmi obrađuju velike količine neoznačenih ili nestrukturiranih podataka kroz više slojeva učenja na način inspiriran načinom na koji neuronske mreže funkcioniraju u mozgu. Ovi modeli se obično koriste kada su osnovni podaci značajno velikog obima, dobijeni iz različitih izvora i mogu imati različite formate (npr. tekst, glas i video). Na primjer, neke firme u industriji vrijednosnih papira razvijaju alate za nadzor i praćenje izgrađene na modelima

dubokog učenja. Aplikacije za duboko učenje mogu biti nadzirane, nenadzirane ili zasnovane na potkrepljivanju [12].

Obrada prirodnog jezika (NLP): NLP je oblik AI koji omogućava mašinama da čitaju ili prepoznaju tekst i glas, izdvajaju vrijednost iz njih i potencijalno pretvaraju informacije u željeni izlazni format, kao što je tekst ili glas. Primjeri NLP aplikacija u industriji vrijednosnih papira kreću se od izdvajanja ključnih riječi iz pravnih dokumenata i prevoda na jezik do složenijih zadataka, kao što su analiza osjećaja i pružanje relevantnih informacija putem chat-boxa i virtuelnih asistenata.

Kompjuterski vid (CV): CV (koji se naziva i mašinski vid) je područje računarske nauke koje radi na omogućavanju kompjuterima da vide, identifikuju i obrađuju slike na isti način na koji to čini ljudska vizija, a zatim daju odgovarajući izlaz. Često će aplikacija za životopis koristiti ML modele za tumačenje onoga što „vidi“ i predviđanja ili određivanja. Primjeri aplikacija zasnovanih na životopisu uključuju prepoznavanje lica, prepoznavanje otiska prsta, optičko prepoznavanje karaktera i druge biometrijske alate za provjeru identiteta korisnika [31].

Automatizacija procesa robotike (RPA): RPA se odnosi na upotrebu unaprijed programiranih softverskih alata koji su u interakciji s drugim aplikacijama za automatizaciju radno intenzivnih zadataka, što rezultira povećanom preciznošću, brzinom i uštedom troškova. RPA alati se generalno koriste za procese velikog obima, koji se ponavljaju koji uključuju strukturirane podatke, kao što su usaglašavanje računa, obrada obaveza prema dobavljačima i deponovanje čekova. Neki učesnici na tržištu ne smatraju RPA oblikom AI jer je njegov fokus na automatizaciji procesa na način koji je sličniji sistemu zasnovanom na pravilima. Međutim, drugi smatraju da je to rudimentarni oblik AI, posebno kada se kombinuje se sa drugim tehnologijama kao što je ML [8].

2. IKT tehnologije i vještačka inteligencija

Vještačka inteligencija (AI) ima potencijal da postane sve važniji aspekt u budućnosti. Ovo se podjednako odnosi i na informaciono-komunikacione tehnologije (IKT) kao i na mnoge druge industrije koje se na nju oslanjaju. Prije samo deset godina, tehnologija vještačke inteligencije izgledala je kao da dolazi iz naučne fantastike; danas ga koristimo u svakodnevnom životu, a da toga nismo svjesni – od istraživanja inteligencije do prepoznavanja lica i govora do automatizacije.

AI i mašinsko učenje (Machine Learning ML) preuzeli su tradicionalne metode računarstva, mijenjajući koncepte i metodologiju kako industrija obavlja svoje svakodnevne operacije. Od istraživanja i proizvodnje do modernizacije finansijskih i zdravstvenih tokova, vodeća umjetna inteligencija promijenila je sve u relativno kratkom vremenu [25].

AI i srodne tehnologije imale su pozitivan uticaj na način rada IT sektora. Pojednostavljeno rečeno, umjetna inteligencija je grana kompjuterske nauke koja nastoji pretvoriti kompjutere u inteligentne mašine koje inače ne bi bile moguće bez direktne ljudske intervencije. Koristeći obuku zasnovanu na računaru i napredne algoritme, AI i mašinsko učenje mogu se koristiti za kreiranje sistema koji su sposobni da imitiraju ljudsko ponašanje, pružaju rješenja za teške i komplikovane probleme i dalje razvijaju simulacije, sa ciljem da postanu AI na nivou čovjeka.

Prema statistikama, očekuje se da će tržište umjetne inteligencije dostići 190 milijardi dolara do 2025. Do 2021. globalna potrošnja na kognitivne i AI sisteme dostigla je 57,6 milijardi

dolara, dok će 75% poslovnih aplikacija koristiti AI tehnologije. Što se tiče nacionalnog BDP-a, očekuje se da će AI pozitivno uticati na povećanje u Kini za 26,1% i Sjedinjenim Američkim Državama za 14,5% do 2030. godine. Na lokalnom nivou, oko 83% preduzeća kaže da AI predstavlja strateški prioritet, dok 31% kreativnih, marketinških i IT profesionalaca želi da investira u AI tehnologije u narednih 12 meseci. Slično tome, oko 61% poslovnih profesionalaca ističe AI i mašinsko učenje kao svoju najznačajniju inicijativu za podatke u narednoj godini. Osim toga, oko 95% poslovnih rukovoditelja koji su vješti u korištenju velikih podataka takođe koriste AI tehnologije [29].

Digitalna transformacija i usvajanje AI tehnologija u industrijama doveli su do napretka na polju rješavanja i optimizacije mnogih ključnih izazova u IT industriji. Među svim tehnološkim aplikacijama, AI je u središtu razvoja za gotovo svaku industriju, a informatička tehnologija je među prvima. Integracija AI sistema sa W.T.-om pomogla je da se smanji opterećenje za programere poboljšanjem efikasnosti, povećanjem produktivnosti i osiguranjem kvaliteta. Ako su razvoj i implementacija IT sistema u velikim razmjerima bili gotovo ne mogući, razvojem naprednih algoritamskih funkcija umjetne inteligencije to je sada moguće. Već danas prepoznajemo koje od oblasti se adekvatnom implementacijom vještačke inteligencije u koordinaciji sa IKT-om (direktno i indirektno), imaju potencijal poboljšanja i unapređenja, a u nastavku ćemo navesti i opisati sljedeće:

Poboljašana sigurnost sistema i podataka

Sigurnost podataka je od ključne važnosti kada je u pitanju osiguranje ličnih, finansijskih ili, na drugi način, povjerljivih podataka. Državne i privatne organizacije pohranjuju velike količine korisničkih i strateških podataka koji moraju biti sigurni u svakom trenutku. Korištenjem naprednih algoritama i korištenjem mašinskog učenja, vještačka inteligencija može da obezbjedi neophodan nivo zaštite za stvaranje visokobezbjednog sloja unutar svih ovih sistema. AI će pomoći u identifikaciji potencijalnih prijetnji i kršenja podataka, istovremeno pružajući potrebna rješenja i odredbe kako bi se izbjegle postojeće rupe u sistemu [4].

Poboljšana produktivnost kod kodiranja

Umjetna inteligencija koristi niz algoritama koji se mogu direktno primijeniti kako bi pomogli programerima kada je riječ o otkrivanju i prevazilaženju softverskih grešaka, kao i kada je u pitanju pisanje koda. Neki oblici umjetne inteligencije su razvijeni da daju prijedloge kada je u pitanju kodiranje, što je zauzvrat pomoglo u povećanju efikasnosti, produktivnosti i obezbjeđivanju čistog koda bez grešaka za programere. Gledajući strukturu koda, AI sistem će moći da pruži korisne sugestije, ne samo da poboljšava ukupnu produktivnost, već i pomaže u smanjenju zastoja tokom proizvodnog procesa.

Povećana automatizacija

Jedna od glavnih prednosti automatizacije je da se veliki dio radnih aktivnosti može postići uz minimalnu ili nikakvu ljudsku intervenciju. Koristeći aplikacije za duboko učenje, IT odjeli mogu preći dug put u automatizaciji pozadinskih procesa koji mogu omogućiti različite uštede troškova i minimizirati ljudske sate utrošene na njih. Brojne metode koje podržavaju umjetnu inteligenciju će se vremenom poboljšavati kako njihovi algoritmi uče iz svojih grešaka i poboljšavaju svoju efikasnost.

Bolja kontrola aplikacija tokom razvoja softvera

Kada govorimo o kontroli implementacije aplikacija, moramo uzeti u obzir različite faze tokom razvoja softvera. To znači da je kontrola razvoja i verzija softvera kritična i veoma korisna tokom faze razvoja. Budući da se AI svodi na predviđanje mogućih problema, ona je

postala sastavni i veoma koristan alat u otkrivanju i predviđanju problema tokom ove faze. Kao takve, one se mogu izbjeći i/ili popraviti bez ikakvih većih problema, što znači da programeri neće morati čekati do završne faze prije nego što poboljšaju ukupne performanse aplikacije.

Poboljšano osiguranje kvaliteta

Osiguranje kvaliteta se u velikoj mjeri odnosi na osiguravanje da se pravi alati koriste tokom razvojnog ciklusa. Drugačije rečeno, AI metodologije mogu pomoći softverskim inženjerima da koriste prave alate za ispravljanje različitih grešaka i problema unutar aplikacija i automatski ih prilagođavaju tokom razvojnog ciklusa.

Bolja optimizacija servera

Često će hosting server biti bombardovan milionima zahteva na dnevnoj bazi. Kad god se to dogodi, server mora otvoriti web stranice koje korisnici traže. Zbog stalnog protoka zahtjeva, neki serveri mogu prestati reagirati i na kraju se dugoročno usporavaju. AI može pomoći u optimizaciji usluge domaćina kako bi se poboljšala korisnička usluga i poboljšalo cjelokupno poslovanje. Kako IT potrebe budu napredovale, AI će se sve više koristiti za integraciju tih zahtjeva za IT osobljem i za pružanjem integracije između trenutnih poslovnih i tehnoloških funkcija.

Postoji mnogo načina na koje organizacije mogu integrirati umjetnu inteligenciju u svoje poslovanje. Jedan od najčešćih razloga je optimizacija procesa kompanije. Na primjer, AI se može koristiti za slanje automatskih podsjetnika odjelima, članovima tima i kupcima. Takođe se može koristiti za nadgledanje mrežnog prometa, kao i za rukovanje širokim spektrom svakodnevnih i ponavljajućih zadataka koji bi inače uzeli puno vremena ljudi. To će ih, zauzvrat, osloboditi da svoje vrijeme i energiju usmjere na kritičnije aspekte poslovanja.

Još jedna dodatna prednost za organizacije koje žele implementirati AI je u smislu personaliziranog korisničkog iskustva koje može ponuditi. To će uključivati sve, od preporuka, odgovaranja na pitanja, pomaganja korisnicima da pronađu proizvode i još mnogo toga. AI takođe mogu koristiti kompanije za kolekciju velikih količina podataka, što može dovesti do strateškog uvida i korištenja komparativnih prednosti poslovne inteligencije.

U stvari, oko 84% preduzeća kaže da će im AI pomoći da steknu i/ili održe konkurentsku prednost. Isto tako, oko 75% kompanija vjeruje da će im ova tehnologija omogućiti da krenu u nove poslove i poduhvate. Osim toga, oko 80% tehnoloških lidera gleda na AI kao na sredstvo za povećanje njihove produktivnosti i otvaranje novih radnih mjesta. Takođe, oko 79% rukovodilaca kaže da će umjetna inteligencija učiniti njihov posao lakšim i efikasnijim, dok 36% smatra da je primarni cilj oslobađanje radnika da se fokusiraju na kreativnije zadatke [28].

Jedan od glavnih razloga zašto neke organizacije oklijevaju u implementaciji tehnologije umjetne inteligencije je taj što se boje da će mnoge poslove učiniti nevažnim i zastarjelima. Ove izražene zabrinutosti da će "roboti" preuzeti poslovne aktivnosti koje izvršavaju ljudi nisu potpuno neosnovane jer postoje određeni poslovi koje napredna AI bolje rješava, posebno kada zadaci zahtijevaju analizu masivnih skupova podataka. Superinteligentna vještačka inteligencija je korištena za obavljanje nekih zadataka brže i efikasnije nego što bi ljudski mozak ikada mogao, uglavnom zato što mašinama nisu potrebni česti periodi odmora [23].

Ipak, važno je imati na umu da ovo nije prvi put u istoriji da je tehnologija rezultirala gubitkom određenih poslova. Međutim, ovi gubici radnih mjesta uvijek su bili pokriveni otvaranjem novih radnih mjesta, često, u poljima koja prije nisu postojala. Iako je gotovo nemoguće predvidjeti budućnost umjetne inteligencije sa bilo kojim visokim stepenom tačnosti, relativno je sigurno reći da je pojava i proliferacija tehnologije slijedila sličan trend. Upravo zbog AI sada postoji mnoštvo novih poslova u postojećim i pionirskim poljima.

AI neće nadmašiti ljude, kao što neki mogu vjerovati kada su u pitanju neki specifični zadaci koji zahtijevaju ljudsku inteligenciju i emocije. Zbog toga je ključno da informaciona tehnologija podržava vještačku inteligenciju. Na više načina, AI radi kao dopuna, a ne zamjena za IT odjel. Ako pogledamo u ne tako davnu prošlost, mnogi su strahovali da će samovozeći automobili zamijeniti sve vozače kamiona. Nedavno su, međutim, i izvršni direktor Wayma i bivši izvršni direktor Ubera rekli da automobili koji se sami voze neće nadmašiti ljude. Glavni razlog je taj što ova vrsta tehnologije nikada neće moći da se nosi sa svim uslovima vožnje kao što to mogu ljudski vozači. Kada su u pitanju neki izuzetni uslovi kao što su nepovoljni vremenski uslovi ili gužve u saobraćaju, ljudski vozači su i dalje pogodniji za upravljanje vozilima [24].

Slično samovozećim automobilima, postoje mnogi aspekti informacione tehnologije koji će zahtijevati ljudski doprinos i ne mogu se zamijeniti umjetnom inteligencijom. Umjesto toga, kompanije treba da usmjere svoju pažnju na to kako IT profesionalci mogu da koriste vještačku inteligenciju da poboljšaju ukupnu efikasnost svog poslovanja. Osim upotrebe AI u gore navedenim područjima i aspektima, o čemu smo govorili, tehnologija se takođe može koristiti zajedno s IT-em na sljedeće načine:

AI u upravljanju uslugama

AI tehnologija i mašinska inteligencija se takođe široko koriste kada je u pitanju upravljanje uslugama. Kada koriste AI za upravljanje uslugama, kompanije mogu efikasnije koristiti svoje resurse, pružajući brže isporuke po nižoj cijeni. Zahvaljujući svojim mogućnostima mašinskog učenja, AI će ponuditi IT kompanijama vrstu samorješavajućeg servisnog deska koji će im omogućiti da analiziraju sve svoje ulazne podatke i da korisnicima daju odgovarajuće predloge i moguća rešenja. Primjenom umjetne inteligencije moći će pratiti ponašanje korisnika, davati prijedloge i pružati opcije samopomoći kako bi proces upravljanja uslugama bio efikasniji i efektivniji. AI će korisnicima pružiti bolje iskustvo kroz samoposluživanje.

AI se može koristiti za razvoj tehnologije Computer Vision (CV) koja se može koristiti za automatizaciju vizualnog razumijevanja niza slika, PDF-ova, video zapisa i tekstualnih slika uz pomoć ML algoritama. Ono što se dešava je da CV replicira određene funkcije ljudskog vida, ali mnogo bržom i tačnijom.Mogućnosti mašinskog učenja i dubokog učenja AI će omogućiti sistemima da analiziraju zahtjeve koji se podnose servisnoj službi. AI će pronaći sve istovremene zahtjeve, uporediti novopodnesene s onima koji su prethodno riješeni i dobiti trenutno razumijevanje na osnovu prethodnog iskustva. Krajnji rezultat će biti rješenje zahtjeva.

AI kao moćan poslovni alat, može pomoći IT profesionalcima u njihovim operativnim procesima, pružajući im strateški pristup. Budući da je u mogućnosti da prati i analizira ponašanje korisnika, AI sistem će dati prijedloge za optimizaciju procesa, pa čak i pomoći u razvoju sveobuhvatne poslovne strategije.

AI za IT operacije (AIOps) – AI upravljanje informatičkim projektima i tehnologijama

AI za IT operacije se odnosi na korištenje umjetne inteligencije za upravljanje informatičkom tehnologijom zasnovanom na višestruko baziranoj platformi. Glavne tehnologije koje se koriste u AIOps-u su mašinsko učenje i veliki podaci. Oni automatizuju obradu podataka i donošenje odluka, koristeći istorijske i onlajn podatke. Očekivani rezultat korištenja AIOps-a je kontinuirana analiza koja će dati odgovore i omogućiti kontinuiranu implementaciju korekcija i poboljšanja u pogledu IT infrastrukture. Korištena AIOps platforma će povezati upravljanje performansama, upravljanje uslugama i automatizaciju kako bi se postigla predviđena svrha i može se posmatrati kao kontinuirano poboljšanje informacionih sistema. Postoji nekoliko razloga zašto AIOps raste u popularnosti u posljednjih nekoliko

godina. Među njima možemo uključiti sve veći obim sistema za prikupljanje podataka, povećanje ukupnog broja izvora informacija i sve veći broj promjena u kontrolisanim sistemima. Kao takav, stručnjacima i profesionalcima postaje sve teže da prate sve ove sisteme, a kamoli da efikasno odgovore na bilo koje probleme.

AI u automatizaciji poslovnih procesa

Kao što je ranije spomenuto, jedna od najvećih prednosti koje AI donosi IT sektoru je automatizacija. Budući da je umjetna inteligencija ugrađena u gotovo svaki radni proces, puno posla se može obaviti bez potrebe bilo kakve direktne ljudske intervencije. Mogućnosti tehnologija dubokog učenja omogućit će IT odjelima da automatiziraju mnoge svoje operativne procese, pomažući im da smanje troškove i minimiziraju mnogo ručnog rada. Osim toga, AI algoritmi su dizajnirani da uče iz prethodnih iskustava, što znači da se kontinuirano poboljšavaju.

Procjenjuje se da će AI sistem uskoro moći pokretati i upravljati razvojem softvera, velikim dijelom, sam, budući da će moći razumjeti većinu, ako ne i sve namjere iza koda. Ako sistemi neće biti zadovoljni datim kodom ili će otkriti neke nedostatke i nedosljednosti, popravit će ga u realnom vremenu uz minimalnu ljudsku pomoć. AI će doći do tačke u kojoj će automatizirati proces vođenja i upravljanja mrežama kompanije. Moći će razumjeti obrasce koji se kreiraju pomoću mrežnih otisaka prstiju dok se zapravo koristi AI sistem, za početak. Koristeći AI za automatizaciju, IT kompanije će moći poboljšati svoje AI aplikacije u drugim oblastima. AI će pomoći u vođenju i upravljanju kompjuterskim sistemima i stoga će doprinijeti svim drugim oblicima računanja [17].

AI u otkrivanju prevara

Moderna tehnologija je znatno olakšala kompanijama otkrivanje prevara. Istovremeno je umnožavao i načine na koje sajber kriminalci čine prevaru. Većina preduzeća će morati da koristi višeslojni pristup u otkrivanju prevara, što obično uključuje analizu statističkih podataka i vještačku inteligenciju [27]. Postoji nekoliko alata vještačke inteligencije koji se koriste u otkrivanju prevara. Među njima, mašinsko učenje može obraditi velike količine podataka mnogo brže nego što to mogu ljudi. Takođe se može dizajnirati tako da vremenom postane brži i precizniji. Alati za mašinsko učenje će moći identificirati obrasce lažnog ponašanja gledajući historijske podatke koji su uključivali slične okolnosti. IT odjel će zatim koristiti sintetizirane podatke za poduzimanje odgovarajućih mjera protiv ovih sajber kriminalaca, kao i za izgradnju efikasnijih preventivnih mjera za budućnost [21].

3. Mogućnosti i izazovi primjene AI u IKT tehnologijama i ostalim oblastima djelovanja

Glavna buduća područja upotrebe u IT industriji aplikacija vođenih umjetnom inteligencijom su [22]:

1. osiguranje kvaliteta,
2. upravljanje uslugama i
3. automatizacija procesa.

Takođe je velikom porastu primjena AI kod velikih podataka - BigData, čatbotovi (chatbots) - virtualni privatni asistent, Internet stvari IoT, kao i upravljanje mrežom i optimizacija.

3.1 AI za osiguranje kvaliteta

AI za osiguranje kvaliteta se sastoji od sljedećih komponenti:

a) AI testiranje softvera za osiguranje kvaliteta (QA):

   Tim ga mora testirati prije nego što može ući na tržište svaki put kada se uvede novi kod. Regresijski testovi oduzimaju mnogo vremena i truda ako ih izvode QA stručnjaci ručno. Ovo se može učiniti lakše i brže sa sposobnošću AI da odredi obrasce koji se ponavljaju. AI omogućava QA odjelima da uklone ljudske greške, smanje vrijeme rada i lako identifikuju moguće nedostatke u analizi podataka.

b) Testiranje aplikacije:

   Sistem zasnovan na vještačkoj inteligenciji gradi testni paket na osnovu lokacije, uređaja i demografskih podataka obrada obrazaca ponašanja. Ovo omogućava QA odjelima da pojednostave procese testiranja i poboljšaju efikasnost aplikacije.

c) Analiza društvenih medija:

   U AI sistemima, velike količine podataka sa društvenih medija mogu se obraditi i analizirati. Sistem može predvidjeti tržišne trendove i ponašanje kupaca na osnovu ovih podataka i na taj način ponuditi konkurentsku prednost za kompaniju.

d) Analiza kvarova:

   Da bi se identifikovale greške ili oblasti koje zahtjevaju posebnu pažnju, AI sistemi nadgledaju i analiziraju podatke i zatim ih porede sa propisanim parametrima. Osim toga, AI sistem može izvršiti dubinsku analizu grešaka, definiranje područja koja su najpogodnija za nedostatke i moguću ponudu rješenja za dalju optimizaciju.

e) Analiza efikasnosti:

   Kada AI sistem analizira i sintetizira relevantne podatke iz različitih izvora, QA pruža vrijedne informacije, pružajući QA inženjerima potpuno razumijevanje promjene koje treba da izvrše. QA mogu donijeti informativnije odluke na ovaj način informacije.

3.2. AI za upravljanje uslugama

U upravljanju uslugama, AI tehnologija se široko koristi. Iskorištavanje AI za uslugu automatizacije omogućava kompanijama da efikasnije koriste svoje resurse i brže, jeftinije i efikasnije pružaju usluge. Samostalni servisni pult, danas AI nudi IT firmama pult za automatsko rješavanje koje može analizirati sve ulazne podatke i na taj način dati korisnicima adekvatne prijedloge i moguća rješenja sa svojom sposobnošću mašinskog učenja. Koristeći AI, preduzeća mogu pratiti ponašanje korisnika, davati preporuke i stoga ponuditi opcije samopomoći za efikasnije upravljanje uslugama. u U ovom slučaju AI korisnicima pruža bolje iskustvo samoposluživanja. Sistem može analizirati zahtjeve upućene servisnoj službi pomoću ML ili DL mogućnosti AI. AI sistemi identificiraju istovremene zahtjeve, upoređuju novopodnesene sa prethodnim riješenim zahtjevima, a zatim odmah shvatiti koje rješenje odabrati na osnovu prošlog iskustva. AI je moćan poslovni alat koji pomaže IT timu da djeluje strateški operativnim procesima. AI sistem može dati prijedloge za optimizaciju procesa i čak i razviti efikasnu poslovnu strategiju uz praćenje i analizu ponašanja korisnika [6].

3.3. AI za automatizaciju procesa

Inovacija, evolucija, složenost i promjena mreže se više ne mogu podudarati u ljudskim i ručnim procesima. Korištenje AI je pretpostavka za sljedeći razvoj automatizacije. To su različito pametniji, svjesniji i kontekstualniji poslovni procesi. Automatizacija vođena umjetnom inteligencijom će pomoći IT kompanijama poboljšano da automatizuju više operativnih procesa, smanje troškove i svesti na minimum manuelni doprinos rada. U širokom spektru situacija automatizacija IT procesa može pojednostaviti različite IT operacije, zamjenjujući ponavljajuće ručne zadatke i poslovne procese sa automatizovanim rješenjima. Neka od tih rješenja su:

a. Računarski inženjering vođen AI:

Budućnost kompjuterskog programiranja je AI. Kodeks je niz odluka zasnovanih na pravilima u vrlo složene okolnosti u tradicionalnom programiranju. Uskoro će biti ažuriran AI sistem sposoban sam da pokrene i upravlja razvojnim ciklusom koda. Već se koristi AI da pomaže ljudskim programerima kretanje kroz sve složeniji broj API-ja, što olakšava razvojno kodiranje.

b. Automatsko upravljanje mrežom

AI automatizira operativne procese i procese upravljanja mrežom. Da bi ponovo uspostavili mrežu, AI sa svojim ML mogućnostima ima uočene probleme i uzima sve što je potrebno za samu akciju.

3.4 AI i Big Data

Veliki podaci (BigData) će isto igrati značajnu ulogu, a AI (vještačka inteligencija) će biti veoma tražena u doglednoj budućnosti. Podaci i AI se spajaju u sinergijski odnos, gdje je AI beskorisna bez podataka, a savladavanje podataka je nepremostivo bez AI. Kombinacijom ove dvije discipline možemo početi da osnovano predviđamo nadolazeće trendove u poslovanju, tehnologiji, trgovini, zabavi itd.

Internet sada pruža nivo konkretnih informacija o navikama potrošača, sviđanjima i nesviđanjima, aktivnostima i ličnim preferencijama što je bilo nemoguće prije deset godina. Nalozi na društvenim mrežama i profili na mreži, društvene aktivnosti, recenzije proizvoda, označena interesovanja, „sviđa mi se“ i dijeljeni sadržaji, aplikacije i programi za lojalnost/nagrađivanja i CRM (upravljanje odnosima s klijentima) sistemi dodaju potencijalno pronicljive podatke u veliki skup podataka.

Bez obzira na industriju, jedna od najvećih prednosti AI je njena sposobnost učenja. Njegova sposobnost prepoznavanja trendova podataka korisna je samo ako se može prilagoditi promjenama i fluktuacijama u tim trendovima. Kroz identifikaciju izuzetaka u podacima, AI zna koji se dijelovi povratnih informacija kupaca smatraju značajnim i mogu se prilagoditi potrebama.

Sposobnost AI da stručno radi s analitikom podataka glavni je razlog zašto su umjetna inteligencija i veliki podaci sada naizgled neodvojivi. AI mašinsko učenje i duboko učenje izvlače se iz svakog unosa podataka i koriste te ulaze za generiranje novih pravila za buduću poslovnu analitiku. Problemi nastaju, kada podaci koji se koriste nisu odgovarajući, tačni ili dovoljno potpuni podaci.

Prema Forbesu, najnovije istraživanje pokazuje da kombinacija umjetne inteligencije i velikih podataka može automatizirati gotovo 80% svih fizičkih poslova, 70% rada obrade podataka i 64% zadataka prikupljanja podataka. Ovo sugerira da ova dva koncepta imaju

potencijal da značajno utiču na radna mjesta, pored njihovog doprinosa marketingu i poslovnim aktivnostima [28].

Ispunjavanje i operacije u lancu nabavke, na primjer, posebno se oslanjaju na podatke, pa se okreću razvoju unutar AI kako bi pružili uvid u povratne informacije kupaca u stvarnom vremenu. Na taj način preduzeća mogu formirati svoje finansije, strategije i marketing oko protoka novih informacija [26].

AI i veliki podaci mogu raditi zajedno kako bi postigli više. Na početku podaci se unose u AI pogon, čineći AI pametnijim. Zatim, potrebno je manje ljudske intervencije da bi AI ispravno funkcionisao. Što su AI manje potrebni ljudi za upravljanje, to je društvo bliže ostvarivanju punog potencijala ovog tekućeg ciklusa AI/velikih podataka.

Ta evolucija će zahtijevati uključivanje ljudskih bića koja su obučena za analitiku podataka i programiranje AI algoritama [22].

Prema softverskoj kompaniji XenonStack, krajnji ciljevi uvođenja AI su sljedeći:

- Rasuđivanje;
- Automatsko učenje i zakazivanje;
- Mašinsko učenje;
- Obrada prirodnog jezika (sposobnost razumijevanja ljudskog govora dok se govori);
- Kompjuterski vid (sposobnost izdvajanja tačnih informacija iz slike ili serije slika);
- Robotika;
- Opća inteligencija...

Da bi ova AI polja sazrela, njihovi AI algoritmi će zahtijevati ogromne količine podataka. Obrada prirodnog jezika, na primjer, neće biti moguća bez miliona uzoraka ljudskog govora, snimljenih i razbijenih u format koji AI pogon može lakše obraditi.

Veliki podaci će nastaviti da rastu kako AI postane održivija opcija za automatizaciju više zadataka, a AI će postati veće polje kako više podataka bude dostupno za učenje i analizu.

3.5 AI virtuelni asistent

AI virtuelni asistent, koji se često naziva skraćeno AI asistent ili digitalni asistent, je aplikativni program koji razumije glasovne komande prirodnog jezika i izvršava zadatke za korisnika [15].

Virtuelni asistent sa vještačkom inteligencijom koristi naprednu vještačku inteligenciju (AI), RPA, obradu prirodnog jezika i mašinsko učenje za izdvajanje informacija i složenih podataka iz razgovora kako bi ih razumio i obradio u skladu sa očekivanjima.

Virtuelni četbotovi su virtuelni savjetnici, lični asistenti sa vještačkom inteligencijom ili inteligentni virtuelni agenti koji komuniciraju sa preduzećima i brendovima putem aplikacija za razmjenu poruka. Marketing proizvoda, angažman brenda, pomoć za proizvod, prodaja i diskusije o podršci su uobičajene upotrebe konverzacijskih botova [7].

Tehnologija konverzacijske umjetne inteligencije (AI) (ili inteligentni virtuelni agenti) pokreću svijet sa zapanjujućim nivoima automatizacije koji povećavaju produktivnost za servisni tim i smanjuju troškove. Novi napredak u AI tehnologiji nadograđuje današnje tradicionalne chatbotove na napredne virtuelne asistente AI. Konverzacijski AI su manifestacija umjetne inteligencije (AI) putem simulacije razgovora s ljudskim korisnicima. Oni poštuju automatska pravila i koriste mogućnosti koje se nazivaju obrada prirodnog jezika (NLP) i mašinsko učenje (ML). Napredak omogućavaju chatbotovima da obrađuju podatke i odgovaraju na sve vrste naredbi i zahtjeva [2].

Deklarativni chat botovi su na inicijalnom nivou za chatbotove; služe jednoj svrsi i obavljaju jednu funkciju, u rješavanju administrativnih zadataka. Koristeći baziran na pravilima NLP i možda malo ML-a, oni na upite korisnika odgovaraju na automatiziran, ali i konverzacijski način. Ova vrsta chat bota je vrlo strukturirana i odnosi se posebno na jednu funkciju, često korisničku podršku i servisne funkcije, pa stoga nemaju sposobnosti dubokog učenja. Jedan primjer bi bila interaktivna najčešća pitanja. Chat botovi orijentirani na zadatke mogu se nositi s konvencionalnim, uobičajenim zahtjevima, kao što je radno vrijeme – sve što ne zahtijeva varijable ili donošenje odluka. Oni mogu koristiti NLP, ali ne na sofisticiran ili pronicljiv način. Danas su ove vrste osnovnih chatbotova praktički svuda. Kao primjer ovakvih chatbotova, navest ćemo osnove ChatGPT.

Chat GPT je AI Chatbot koji je razvio Open AI. Chatbot ima model zasnovan na jeziku koji programer fino podešava za ljudsku interakciju na način razgovora. Predstavlja simulirani chatbot prvenstveno dizajniran za korisničku službu; ljudi ga koriste i za razne druge svrhe. Kao što su: pisanje eseja do izrade poslovnih planova, generisanja koda.

To je AI chatbot autogenerativni sistem za online brigu o korisnicima. Isti je unaprijed obučeni generativni razgovor, koji koristi (NLP) obradu prirodnog jezika. Izvor njegovih podataka su udžbenici, web stranice i razni članci, koje koristi za modeliranje vlastitog jezika za odgovor na ljudsku interakciju.

Ovaj chatbot sistem pruža informacije i odgovore na upite putem AI. Popularna verzija Chat GPT-a je GPT-3 model. Glavna karakteristika Chat GPT-a je generiranje odgovora kakve bi ti ljudi pružili, u okviru za tekst. Stoga je pogodan za chat botove, razgovore AI sistema i virtuelne asistente. Može dati prirodne odgovore na pitanja u tonu razgovora i može generirati priče, pjesme i još mnogo toga.

Oslanja se na NLP (Obrada prirodnog jezika). To je odličan alat za istraživače i programere koji rade na različitim NLP projektima, i ima mnogo specifičnih zadataka, domena i aplikacija dostupnih za rad. Dobro je obučen na pristrasnim i nepristrasnim podacima, u obliku teksta iz knjiga, članaka i web stranica. Chat GPT može reproducirati izlazne podatke i pouzdanost – što je ključno za mnoge osjetljive aplikacije i druge vrijedne Al sisteme. I dalje je sklon greškama i pristrasnostima i zavisi od podataka o obuci – dostavljenih 2021.

Kao ljudi, mi sve više i više komuniciramo sa Al mašinama, a Chat GPT je revolucija u oblasti Al. To je robustan model i posebno napredan zahvaljujući svojim mogućnostima dubokog učenja i NLP-u. Može generisati odgovore nalik ljudima i lako je razumljiv korisnicima.

GPT-3 chat botovi su botovi su aplikacije umjetne inteligencije koje se mogu programirati da se uključe u prirodnu komunikaciju nalik ljudima. Oni mogu pružiti impresivan angažman i korisnost zahvaljujući razvoju pomoću mehanizama, ovdje posebno OpenAI-jevog GPT-3, koji omogućava obuku u pisanom i govornom ljudskom jeziku.

GPT-3 chatbot aplikacije koriste duboko učenje i druge tehnike, usmjerene na razumijevanje jezika i lingvističkih modela. Ovo omogućava komunikaciju koja se gotovo ne razlikuje od ljudskog razgovora i ima implementacije u kojima može biti daleko korisnija od običnih chatbotova, u funkciji korisničkih potreba, na primjer.

3.6 AI i IoT

Svakog dana IoT uređaji generiraju oko milijardu gigabajta podataka. Do 2025. projekcija za IoT povezane uređaje na globalnom nivou iznosi 42 milijarde. Kako mreže rastu, rastu i podaci [22].

Kako se zahtjevi i očekivanja mijenjaju, IoT nije dovoljan. Podaci se povećavaju, stvarajući više izazova nego prilika. Prepreke ograničavaju uvid i mogućnosti svih tih podataka, ali inteligentni uređaji to mogu promijeniti i omogućiti organizacijama da otključaju pravi potencijal svojih organizacijskih podataka.

Uz umjetnu inteligenciju, IoT mreže i uređaji mogu učiti iz prošlih odluka, predvidjeti buduće aktivnosti i kontinuirano poboljšavati performanse i sposobnosti donošenja odluka. AI omogućava uređajima da „razmišljaju svojom glavom“, tumače podatke i donose odluke u realnom vremenu bez kašnjenja i zagušenja do kojih dolazi zbog prijenosa podataka. AIoT ima širok spektar prednosti za organizacije i nudi moćno rješenje za inteligentnu automatizaciju [22].

Izbjegavanje zastoja

Neke industrije imaju velike rizike povezane sa zastojima, kao što je industrija nafte i plina na moru. Neočekivani kvar opreme može koštati bogatstvo u zastoju. Da bi to spriječio, AIoT može unaprijed predvidjeti kvarove opreme i zakazati održavanje prije nego što oprema doživi ozbiljne probleme.

Povećanje operativne efikasnosti

AI obrađuje ogromne količine podataka koji dolaze u IoT uređaje i otkriva osnovne obrasce mnogo efikasnije nego što to ljudi mogu. AI sa mašinskim učenjem može poboljšati ovu sposobnost predviđanjem operativnih uslova i modifikacija neophodnih za poboljšanje rezultata.

Omogućavanje novih i poboljšanih proizvoda i usluga

Obrada prirodnog jezika se stalno poboljšava, omogućavajući uređajima i ljudima efikasniju komunikaciju. AIoT može poboljšati nove ili postojeće proizvode i usluge omogućavajući bolju obradu podataka i analitiku.

Poboljšano upravljanje rizikom

Upravljanje rizikom je neophodno za prilagođavanje tržišnom okruženju koje se brzo mijenja. AI sa IoT-om može koristiti podatke za predviđanje rizika i postavljanje prioriteta za idealan odgovor, poboljšanje sigurnosti zaposlenih, ublažavanje sajber prijetnji i minimiziranje finansijskih gubitaka [22].

3.7 Upravljanje mrežom i optimizacija

Uz umjetnu inteligenciju dolazi puno izazova i mogućnosti, a to može biti zbunjujuće i stvoriti lažna očekivanja. AI za umrežavanje je vrlo stvaran i već pruža značajnu vrijednost kompanijama u gotovo svakoj industriji. Postoji mnogo primjera kako mreže vođene umjetnom inteligencijom mogu pomoći vašem okruženju, u nastavku ćemo navesti i opisati sljedeće:

- Detekcija anomalija vremenskih serija. Mnogi uređaji koji rade na današnjim mrežama izmišljeni su prije 20 godina i ne podržavaju trenutne upravljačke poruke. AI može otkriti anomalije vremenskih serija s korelacijom koja omogućava mrežnim inženjerima da brzo pronađu odnose između događaja koji ne bi bili očigledni čak ni iskusnom mrežnom stručnjaku.
- Korelacija događaja i analiza uzroka. AI može koristiti različite tehnike rudarenja podataka za istraživanje terabajta podataka za nekoliko minuta. Ova mogućnost omogućava IT odjelima da brzo identifikuju koja mrežna karakteristika (na primjer, OS, tip uređaja, pristupna tačka ili prekidač) je najviše povezana s mrežnim

problemom, ubrzavajući rješavanje problema [14].

- Predviđanje korisničkog iskustva. Danas se raspodjela propusnog opsega aplikacije odvija uglavnom kroz planiranje kapaciteta i ručna prilagođavanja. Uskoro će, AI moći predvidjeti performanse korisnika na Internetu, što će omogućiti sistemu da dinamički prilagođava kapacitet propusnog opsega na osnovu toga koje su aplikacije u upotrebi u određeno vrijeme. Ručno planiranje će ustupiti mjesto prediktivnoj analizi koja se temelji na istorijskim trendovima i trenutnim kalendarskim informacijama.
- Self-driving. AI omogućava IT sistemima da se sami ispravljaju radi maksimalnog radnog vremena i daju propisane radnje kako da poprave probleme koji se javljaju. Osim toga, mreže vođene umjetnom inteligencijom mogu uhvatiti i pohraniti podatke prije mrežnog događaja ili prekida rada, pomažući u bržem rješavanju problema.

Danas, konvergencija nekoliko različitih tehnologija omogućava AI da potpuno poremeti industriju umrežavanja novim nivoima uvida i automatizacije. AI ima potencijal da pomogne u smanjenju troškova IT-a, da i pomaže preduzećima u postizanju svog cilja, kao i pružanja najboljeg mogućeg IT servisa i korisničkog iskustva [1].

3.8. Izazovi daljeg razvoja, implementacije i korištenja vještačke inteligencije

Izazovi korištenja ovakvih sistema najviše se manifestuju u domenu pristupa, adekvatnoj metodologiji implementacije i primjene, ali i sigurnosti u domenu eksploatacije. Veliki je potencijal pozitivne primjene gotovo u svim oblastima ljudskog djelovanja vještačka inteligencija može dati sve veći doprinos, ali isti će da zavisi od moralnog i etičkog pristupa, uvedenih zakonskih normi i standarda, izgradnje pozitvnog pristupa, adekvatne namjere. Dakle, paralelno izgradnjom, implementacijom i primjenom vještačke inteligencije, značajno moramo ulagati napore prema odgoju i moralu novih generacija, jer ovakva nova saznanja, nove tehnologije mogu biti korištene za i protiv čovjeka, njegovog ambijenta za život, njegovog kvaliteta, ali i u slučaju ako „zatajimo“ na poljima izgradnje svijesti, odgoja, morala i etičnosti, te isto počnemo koristiti protiv, kako pojedinačno, tako i određenih grupa ljudi, živih bića ili života uopšte, isto može biti pogubno za opstanak ljudske zajednice, ili života u obliku kakvog danas vidimo. O ovom društvenom pristupu, se nadamo da ćemo imati više obrađenih članaka autora koji pripadaju ovoj domeni istraživanja. Mi kao autori ovog članka i na ovaj način pozivamo da uloženi se napori u naučni i tehnološki razvoj koriste za dalji razvoj i olakšanje života čovjeka, živih i neživih bića, ali i naše planete u funkciji širenja posvećenosti širenju „Dobra“, jer od istog sa sve većim izazovima i tehnološkim razvojem i naš opstanak na planeti zemlji sve više zavisi.

4. Zaključak

Inovativne tehnologije su brzo rasle i učinile su poslovanje pametnijim i više produktivnim. Vidno je iz prikazanog da potencijal vještačke inteligencije je ograman i u domenu daljeg razvoja i simbioze, ali i kroz IT industriju proizvodi nove mogućnosti koje mogu olakšati primjenu u razčičitim poljima djelovanja. Kroz članak smo prikazom istraženog u domenu mogućnosti primjene i daljeg razvoja vještačke ili umjetne inteligencije u koordinaciji sa informaciono komunikacionim tehnologijama potvrdili hipotezu koju smo postavili na početku članka. Mašinsko učenje i duboke mreže, kao komponenta AI i mogućnosti koordinacije kroz IT uz adekvatnu primjenu u različitim oblastima života imaju potencijal da značajno uštede vrijeme i podignu efikasnost i efektivnost na viši nivo. Niz je mogućnosti trenutne primjene AI među kojim posebno ističemo osiguranje kvaliteta, upravljanje uslugama i automatizaciju procesa, koje predstavljaju generalnu platformu za primjenu u različitim oblastima djelovanja. AIOps koncept nudi sve bolje upravljanje IT operacija, ali i upravljanjem projektima u cjelini. Dalji razvoj vještačke inteligencije otvorit će veliki broj mogućnosti primjene vještačke inteligencije u koordinaciji sa IKT tehnologija, ali će rezultat primjene uveliko zavisiti od namjera, svijesti onih koji ih implementiraju i primjenjuju, tako da izgradnja svijesti, morala i etike u funkciji „Dobra“ postaje sve veći imperativ jer od istog bi mogli da zavise i rezultati korištenja istih.

Literatura

1. Acemoglu D., and Restrepo, P. (2018). Artificial Intelligence, automation, and work (No. w24196). National Bureau of Economic Research.
2. Alpaydin, E. (2020). Introduction to machine learning. MIT press.
3. Akhtar Z., Hadid A., Nixon M., Tistarelli M., Dugelay J. L. and Marcel, S. (2017). Biometrics: In search of identity and security (Q & A). IEEE MultiMedia.
4. Amodei D., Olah C., Steinhardt J., Christiano P., Schulman J.and Mané D. (2016). Concrete problems in AI safety. arXiv preprint arXiv:1606.06565.
5. Ashley, K. D. (2017). Artificial intelligence and legal analytics: new tools for law practice in the digital age. Cambridge University Press. NOVATEUR PUBLICATIONS INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATIONS IN ENGINEERING RESEARCH AND TECHNOLOGY [IJIERT] ISSN: 2394-3696 VOLUME 7, ISSUE 6, June-2020
6. Carrasco D. (2019). Artificial Intelligence: An Innovative Technology in a Vital Industry.
7. Carter S., and Nielsen M. (2017). Using Artificial Intelligence to augment human
8. Dirican C. (2015). The impacts of robotics, artificial Intelligence on business, and economics. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 195, 564-573.
9. Efron J. (2019), Biometric Authentication is Smart, but AI Makes it Smarter ± Here is How.
10. Gonfalonieri A., (2021), What is an AI Algorithm?, https://medium.com/predict/what-is-an-ai-algorithm-aceeab80e7e3.
11. Halperin I., (2017), QLBS: Q-Learner in the Black-Scholes (-Merton) Worlds, SSRN, https://ssrn.com/abstract=3087076 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3087076.
12. Hargrave, M. (2019, April 30). Deep Learning. Retrieved from Investopedia: https://www.investopedia.com/terms/d/deeplearning.asp#:~:text=Deep%20learning%20is%20a%20subset,learning%20or%20deep%20neura l%20network.
13. Horacek H. (2015). New concepts in natural language generation: planning, realization, and systems. Bloomsbury Publishing.
14. Jackson P. C. (2019), Introduction to Artificial Intelligence. Courier Dover Publications.
15. Jesus A. (2019), AI for Speech Recognition ± Current Companies, Technology, and Trends. https://emerj.com/ai-sector-overviews/ai-for-speechrecognition/#:~:text=By%202019%2C%2066.6%20million%20Americans,as%20accents%20an d%20background%20noise.
16. Kuprenko V. (2020), Artificial Intelligence in Education: Benefits, Challenges, and Use Cases. Retrieved from Medium.com: https://medium.com/towards-artificial-intelligence/artificialintelligence-in-education-benefits-challenges-and-use-cases-db52d8921f7a
17. Makridakis S. (2017), The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. Futures, 90, 46-60.
18. Marsland S. (2015), Machine learning: an algorithmic perspective. CRC press.
19. Nadikattu R., (2020), A Comparative Study between Simulation of Machine Learning and Extreme Learning Techniques on Breast Cancer Diagnosis //ssrn.com/abstract=3615092 or http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3615092
20. Nadikattu R., (2020), Implementation of New Ways of Artificial Intelligence in Sports Journal of Xidian University, Volume 14, Issue 5, 2020, Page No: 5983 - 5997.
21. Patil P. (2016), Artificial Intelligence in cybersecurity. International Journal of Research in Computer Applications and Robotics, 4(5), 1-5.

22. Russell S. and Norvig P., (2021), Artificial Intelligence A Modern Approach
23. Samandari H., Cheatham B. and Javanmardian, K. (2019), Confronting the risks of artificial Intelligence. www.mckinsey.com/businessfunctions/mckinsey-analytics/our-insights/confronting-the-risks-of-artificial-intelligence
24. Schroer A. (2019), ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CARS POWERS AN AI REVOLUTION IN THE AUTO INDUSTRY. https://builtin.com/artificialintelligence/artificial-intelligence-automotive-industry
25. Shubhendu S. and Vijay J., (2013), Applicability of Artificial Intelligence in Different Fields of Life, International Journal of Scientific Engineering and Research, 29–35, https://pdfs.semanticscholar.org/2480/a71ef5e5a2b1f4a9217a0432c0c974c6c28c.pdf.
26. SIFMA, Re: Special Notice on Financial Technology Innovation in the Broker-Dealer Industry, (2018), https://www.finra.org/sites/default/files/notice_comment_file_ref/SPNotice-7-30_SIFMA_comments.pdf
27. Singh P. and Singh M. (2015), Fraud detection by monitoring customer behavior and activities. International Journal of Computer Applications, 111
28. Srivastava S. (2020). STATE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN US: BECOMING TECHNOLOGY SUPERPOWER. https://www.analyticsinsight.net/state-of-artificial-intelligence-in-us-becoming-technologysuperpower/
29. The Economist, The World's Most Valuable Resource is no Longer Oil, but Data, May 6, 2017, https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data.
30. Webster M., (2023), Artificial Intelligence, https://www.merriam-webster.com/dictionary/artificial%20intelligence.
31. What is Computer Vision?, Techopedia, https://www.techopedia.com/definition/32309/computer-vision.

Doc. dr. Enes Mujić

Stručni rad
UDK 621.791.75:621.391

ROBOTI I NJIHOVA PRIMJENA PRI ZAVARIVANJU

Rezime

U ovom radu opisan je razvoj automatizacije, odnosno prednosti automatizovanih sistema nad fizičkim radom čovjeka. Na dalje su pojašnjeni roboti u zavarivanju, njihovo kretanje, te prednosti robota zavarivača u odnosu na čovjeka zavarivača. Naime čojek je suočen sa nizom problema pri zavarivanju kao što su, buka, visoke temperature koje mogu izazvati opekotine pa i požar, plinovi i isparenja kao posljedica topljenja metala pa i često puta skučenog prostora pri zavarivanju.Vrlo važna stavka je i ekonomicnost cijelog posla koja ide u prilog robotizirnom zavarivanju. Objašnjenonje i uvođenje oznaka za robotizirano zavarivanje na TIP-TIG i na elektrolučnom MIG-MAG postupku.

Rad ima za cilj opisati razvoj, konfiguraciju i periferiju robota te njegov način programiranja i održavanja.

Ključne riječi: robot, senzori, automatizacija, TIP-TIG,MIG-MAG programiranje.

ROBOTS AND THEIR APPLICATION IN WELDING

Summary

This paper describes the development of automation and the advantages of automated systems over the physical work of humans. The work principles of robots in welding, their movement, and their advantages over human welders are explained. Namely, humans face various problems during the process of welding, such as noise, gases, melting metal fumes, and high temperatures that could cause burns, and even fires. Because of space limits humans are not able to perform the welding process very often. All of the mentioned reasons give advantages to robotic welding.Explanation and introduction of markings for robotic welding on TIP-TIG and electric arc MIG-MAG procedures.

The paper aims to describe the robot's development, configuration, and peripherals, as well as its way of programming and maintenance.

Keywords: robot, sensors, automation, TIP-TIG, MIG-MAG programming.

1.UVOD

Automatizacija postrojenja je postupak zamjene ljudske radne snage strojevima sposobnim za obavljanje istih proizvodnih procesa brže, tačnije i jeftinije. S druge strane čovjek na osnovu pružene usluge rada dobiva novčanu naknadu, čime dugoročno postaje skuplji od automatiziranog sustava. Sa tehničkog aspekta, automatizovani sistemi u uporedbi s čovjekom imaju manja fizička ograničenja te sposobnost obavljanja poslova u okruženjima opasnima za

čovjeka.Treće bitno stajalište je socijalno. Za razliku od ljudi, strojevi nisu podložni nedostatku motivacije i stresu, te će svoj posao obavljati cijeli svoj životni vijek.

Prednosti automatiziranih sistema nad čovjekom su:

- veća snaga, brzina i tačnost,
- rad u opasnim okruženjima,
- dulji životni vijek,
- ljudi su podložni umoru, nedostatku motivacije i stresu.

Slika 1. prikazuje primjer automatizovanog postrojenja, u kojem FANUC roboti (robotske ruke) obavljaju svoju dužnost. [1]

Slika 1. Primjer automatizovanog postrojenja

Kao što je vidljivo na slici 1, roboti su ti koji automatiziraju postrojenje i zamjenjuju ljude na opasnim, monotonim i teškim poslovima. Slijedeći odlomci govore nešto više općenito o robotima, njihovoj primjeni, njihovoj isplativosti te njihovom programiranju.Ideja o robotima nastala je prvo u znanstvenoj fantastici. Danas na robote gledamo mnogo praktičnije, jer nam stepen razvoja tehnike to omogućava. To su vrlo složeni uređaji koji su se mogli pojaviti kada su se razvile one grane nauke na kojima se današnja robotika zasniva: teorija strojeva, teorija automatskog upravljanja, računarskaa tehnika, metode tzv. umjetne inteligencije, kao i tehnologija senzora i pretvarača.

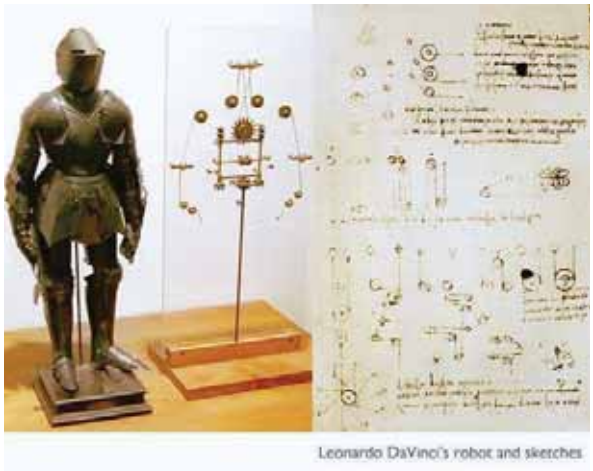
Prema primjeni roboti se dijele na industrijske i neindustrijske. Definicija industrijskog robota prema RIA (Robotic Institute of America) glasi: "Industrijski robot je reprogramabilni, višefunkcionalni manipulator projekovan da pomiče materijal, dijelove, alate i specijalne uređaje kroz različita programirana kretanja pri izvršavanju postavljenih tehnoloških

zadataka".[2]
U osnovi industrijski roboti se sastoje od dvije osnovne cjeline: -manipulator (robotska ruka) - upravljačka jedinica.

1.1.Nešto o istorijatu robotike

Oko 400 godina prije Krista, grčki filozof Arhitas od Tarentuma je izradio mehaničkoga goluba, koji je najvjerojatnije bio pogonjen parom i mogao je letjeti. Ovo nam dokazuje da su ljudi još u davne dane imali ideje automatizacije i robotima, iako nisu razmišljali o njima na isti način kao ljudi danas.

Nakon grčke dolazimo do Leonarda da Vinci-a i njegovog robotskog viteza (Slika 2.). Navodno je Leonardo bio fasciniran ljudskom anatomijom te je danima i satima se bavio seciranjem trupala i proučavanjem ljudskog tijela. Ovaj izum se smatra prvim pravim ljudskim robotom a napravljen je u 15. vijeku davne 1495 godine. Opet vidimo ljudsku fascinaciju i maštu koja je potrebna za razvitak robotike. Ovaj izum se danas nalazi na izložbi u Berlinskom muzeju.[3]



Slika 2. Model viteza i skice, Leonardo da Vinci [3]

Naziv ***robot*** prvi je puta upotrijebljeno u igrokazu češkoga pisca Karela Čapeka zvanom R.U.R. Igrokaz je objavljen 1920. godine i govori o Rossum Universal Robots, koji su androidne sluge. Roboti su predstavljeni kao jeftina radna snaga bez radničkih prava, a njihovo korištenje mijenja samu ekonomiju. Tri zakona robotike (često skraćena na Tri zakona, također poznati i kao Asimovljevi zakoni) su set pravila koje je smislio znanstveno fantastični pisac Issac Asimov. Zakoni su prvi put uvedeni u kratkoj priči iz 1942., Runaround, iako su bili nagoviješteni u par prijašnjih priča[4]. Tri zakona su :

- robot ne smije naškoditi čovjeku ili svojom pasivnošću dopustiti da se čovjeku naškodi,
- robot mora slušati ljudske naredbe, osim kad su one u suprotnosti s prvim zakonom,
- robot treba štititi svoj integritet, osim kad je to u suprotnosti s prvim ili drugim zakonom.

1.3. Karakteristike robota

U svijetu , u naše vrijeme je sve više robota, no svaki je robot posebno napravljen kako bi izvršavao svoj zadatak. Svaki robot ima neke određene karakteristike pomoću kojih ga možemo lakše karakterizirati i opisati,

- Svi roboti sadrže neku vrstu mehaničke konstrukcije. Taj mehanički dio robota pomože mu u obavljanju zadatke i prilagođavanju okruženju u kojemu će biti korišten. Ta konstrukcija može biti vrlo različita robota do robota no sigurno je reći da svako robot ima svoju zasebnu vrstu mehaničke konstrukcije,

-Svi roboti imaju svoje elektroničke komponente koje upravljaju prijašnjom mehaničkom konstrukcijom i napajaju robota. Roboti trebaju neku vrstu napajanja kako bi radili i obavljali svoj zadatak pravilno.

- Svi roboti imaju neku vrstu računarskog programiranja. Bez napisanog koda koji govori robotu što treba raditi, robot ne bi bio različit od običnog mehanizma. Umetanje programa u robota daje mu mogućnost da za što treba napraviti, kada i zašto te kako napraviti svoj zadani zadatak.

1.4.Vrste robota

Prema primjeni roboti se dijele na industrijske i neindustrijske. Definicija industrijskog robota prema RIA (Robotic Institute of America) glasi: "Industrijski robot je reprogramabilni, višefunkcionalni manipulator projektiran da pomiče materijal, dijelove, alate i specijalne uređaje kroz različita programirana kretanja pri izvršavanju postavljenih tehnoloških zadataka". U osnovi industrijski roboti se sastoje od dvije osnovne cjeline: -manipulator (robotska ruka) upravljačka jedinica. Na slici 3. je primjer industrijskog robota.[5]

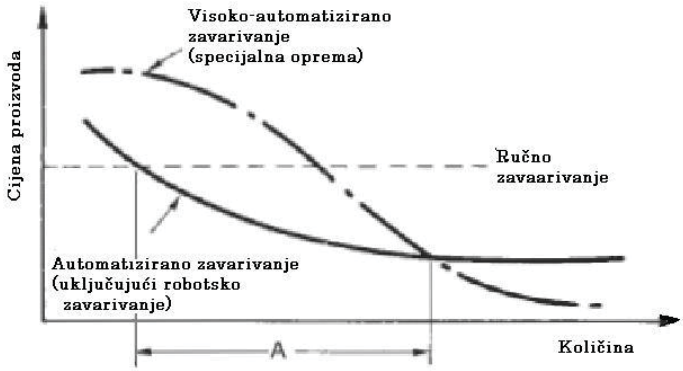
Slika 3. Industrijski robot

Roboti su ušli u tvornice da bi se postigla veća produktivnost proizvodnje. Počeli su od jednostavnijih operacija i kretali se ka složenijim. Danas polja industrijske primjene robota možemo svrstati u četiri kategorije:[6]

- prijenos (transfer) materijala i opsluživanje strojeva,
- procesne operacije,
- poslovi montaže,
- poslovi kontrole proizvoda.

2.ROBOTI U ZAVARIVANJU

Glavni razlozi zašto se tvornice odlučuju za robotsko zavarivanje te prednosti tog robotskog zavarivanja mogu se vidjeti na Slike 4.[7]



Slika 4. šema koja pokazuje ekonomičnost različitog zavarivanja[8]

A- područje je najprikladnije za korištenje robotskog zavarivanja(serijska proizvodnja).

Lijevo od područja A- mala serija ili pojedinačna proizvodnja i tu je ručno zavarivanje najbolje.

Desno od područja A- velika serijska proizvodnja ili masovna proizvodnja, gdje je prikladan visoko-automatizirani pogon (npr. u autoindustrij).

3. KOMPONENTE I OPIS ROBOTA ZAVARIVAČA

Robotska oprema vrši i kontrolira proces robotskog zavarivanja. Oprema za automatsko zavarivanje je drugačije dizajnirana od opreme za ručno zavarivanje. Automatsko zavarivanje se sastoji od teških visoko ponovljivih ciklusa i zavarivačke opreme koja mora biti sposobna raditi u takvim uvjetima.[9]

Industrijski robot, pa samim tim i robot zavarivač, ima 6 osnovnih podsustava, koji izvršavanjem svojih funkcija i međusobnom koordinacijom ostvaruju ukupnu funkcionalnost robota zavarivača:

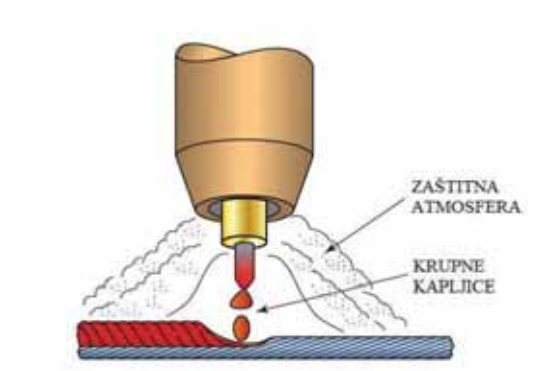
1. Mehanički dio (mehanička struktura, mehanizam robota, manipulator),
2. Pogonski dio,

3. End-efektori (završni uređaji) ,
4. Senzorski dio,
5. Upravljački mehanizam,
6. Pomoćni mehanizmi.

4.POSTUPCI ZAVARIVANJA

4.1.MIG/MAG postupak zavarivanja

MAG, ili „Metal active gas“ i MIG, ili „Metal inert gas“ postupci zavarivanja ubrajaju se u GMAW odnosno „Gas metal arc welding“ postupke kod kojih do taljenja metala dolazi djelovanjem topline električnog luka uspostavljenog između konstantno dobavljane žice kao dodatnog materijala i radnog komada. Procesi se vrše u zaštitnoj atmosferi aktivnih ili inertnih plinova odnosno plinskih mješavina koje pod tlakom izlaze kroz sapnicu. U okviru MAG zavarivanja razlikuju se MAGC (Metal active gas carbon) i MAGM (Metal active gas mixture) postupci. Kod MAGC, kao zaštitni plin, koristi se čisti **,** a kod MAGM, plinske mješavine sa određenim udjelom aktivnog plina. Na slici 5. prikazana je skica procesa zavarivanja CO2.[10]

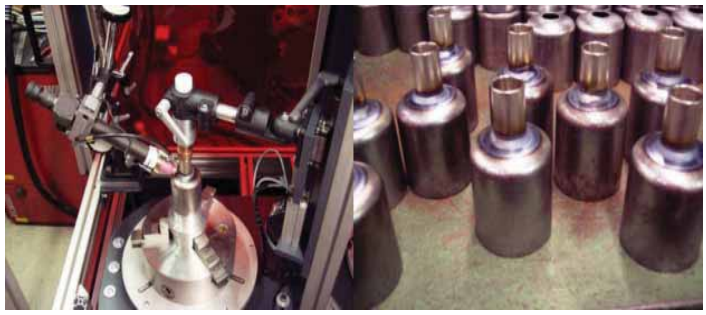


Slika 5**.** Prijenos metala mješovitim lukom. kod MIG/MAG postupaka zavarivanja [10]

Slika 6.primjer MIG,MAG postupka u praksi

4.2.TIP/TIG postupak zavarivanja

To je novi specifični postupak elektrolučnog zavarivanja netaljivom elektrodom na bazi TIG-(eng.Tungsten Inert Gas) a uz dinamičko dodavanje žice – dodatnog materijala. Ovdje se koristi, kao okruženje, neki od inetrnih plinova. Žica za zavarivanje primarno se kreće ravnomjerno prema naprijed u smjeru taline zavara. Na to se kretanje dodaje sekundarno linearno kretanje naprijed – nazad koje proizvodi dodavač žice preko skupa od četiri pogonska kotačića. Zbrajanjem oba ova kretanja nastaje složeno kretanje u obliku vibracija u pravcu taline zavara.



Slika
7. Proizvodnja posuda pod pritiskom, Njemačka (primjer upotrebe TIP,TIG postupka) [11]

5.PROGRAMIRANJE ROBOTA

Programiranjem se određuje ponašanje robota u svim situacijama tokom realizacije zadatka u kome on treba da bude uspješan. Međutim, pošto robot djeluje u "stvarnom svijetu" i toku realizacije zadatka mogu nastupiti i nepredviđeni ili neočekivani događaji, programom treba da se specificira ponašanje robota i u takvim situacijama.
Jedna od osnovnih podjela načina programiranja robota je prema tome da li je za programiranje potreban programski jezik ili nije. Najjednostavniji način programiranja robota je "obučavanjem pokazivanjem" tj. njegovim provođenjem putanje koju treba ostvariti, njenim pamćenjem i naknadnom reprodukcijom. Drugi, suštinski drugačiji način programiranja robota je korištenjem jezika za programiranje.
Dva su osnovna načina na koje se programski jezik može formirati. Prvi je da se iskoristi potencijal koji pružaju neki od već postojećih viših programskih jezika za programiranje računala poput FORTRAN, PASCAL ili C s tim što je potrebno da se dodaju neophodne rutine za pogon robota.
Drugi način je da se napravi poseban jezik za programiranje robota koji bolje odgovara problematici manipulacije objektima. Mnogi proizvođači robota su i realizirali programske jezike za programiranje "svojih" robota tako da danas postoji veliki broj "tvorničkih" programskih jezika.

Osnovne metode programiranja robota su:[12]

- **ON-LINE** programiranje
- **OFF-LINE** programiranje
- Hibridno (mješano) programiranje.

Također unutar navedenih osnovnih metoda programiranja postoje daljnje podjele npr.:

- "teach in" metoda
- izravno programiranje
- indirektno programiranje
- programiranje kretanjem po stazi
- programiranje postavljanjem na točku
- programiranje sa senzorskom podrškom
- makroprogramiranje
- grafičko programiranje
- programiranje orijentirano zadatku
- programiranje orijentirano pokretu.

5.1.**ON-LINE** programiranje

Programiranje se vrši na radnoj poziciji robota. Robot za vrijeme programiranja ne može obavljati proizvodnu funkciju. Najčešće se koristi metoda tzv. „teach-in" metoda programiranja (učenje robota). Ta metoda („teach-in") se dalje dijeli na:

- direktnono učenje
- indirektno učenje.

Prednosti ON-LINE programiranje

- nije potrebna nikakva dodatna nabavka softwera i hardwera
- lako se uči
- nije potreban visokoobrazovani kadar

Nedostatci ON-LINE programiranja

- robot za vrijeme programiranja ne može obavljati proizvodnu funkciju
- kod više robota u pogonu to je dugotrajna metoda
- nije moguće unaprijed programirati robota za zavarivanje radnih komada prema nacrtu.

Slika 8. Teach pendant kod ON-LINE programiranja (privjesak za učenje) [13]

5.2.OFF-LINE programiranje

Programiranje se vrši na mjestu neovisnom o robotu. Vrši se pomoću specijaliziranog softwera na računalu odgovarajućih karakteristika (npr. ROBCAD software i radna stanica Silicon Graphics) 3D simulacija robotske stanice, radnog komada, robota i njihovog gibanja.
Faze OFF-LINE programiranja:

- 3D konstruiranje radnog komada (za svaki komad posebno, moguć uvoz AutoCad datoteka)
- 3D konstruiranje i kalibriranje robotske stanice (radi se samo jednom)
- Programiranje robota (prema radnom komadu-nacrtu)

Prednosti OFF-LINE programiranja

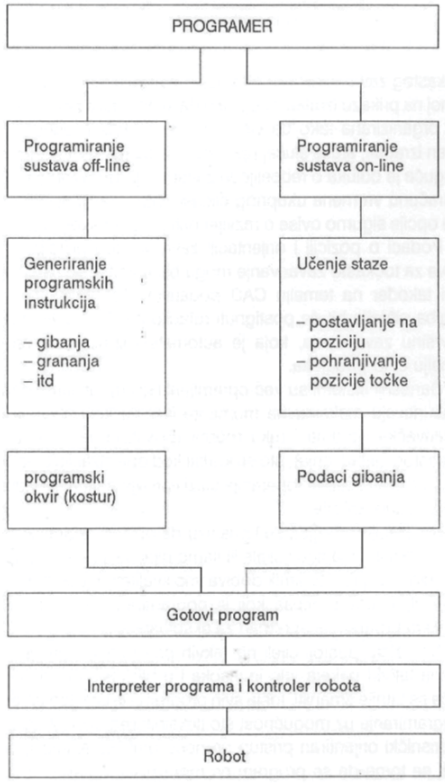
Robot za vrijeme programiranja može obavljati proizvodnu funkciju. Moguće je unaprijed programirati robote za zavarivanje radnih komada prema nacrtu. Prije samog procesa zavarivanja moguće je izvršiti simulaciju zavarivanja sa svim radnim vremenima. Moguća je jednostavna provjera na koliziju (sudar robota s nečim iz okoline).

Nedostatci OFF-LINE programiranja

Potrebna je dodatna nabavka softwera i hardwera (vrlo skupo!). Potrebno je puno vremena za osposobljavanje programera (program je puno kompliciraniji od običnih 2D i 3D programa), te je potreban visokoobrazovani kadar.

5.3.Hibridno (miješano) programiranje

Dio programa vezan za operacijski tok se generira off-line, a dio programa koji je vezan za gibanje robota u prostoru generira se on-line.

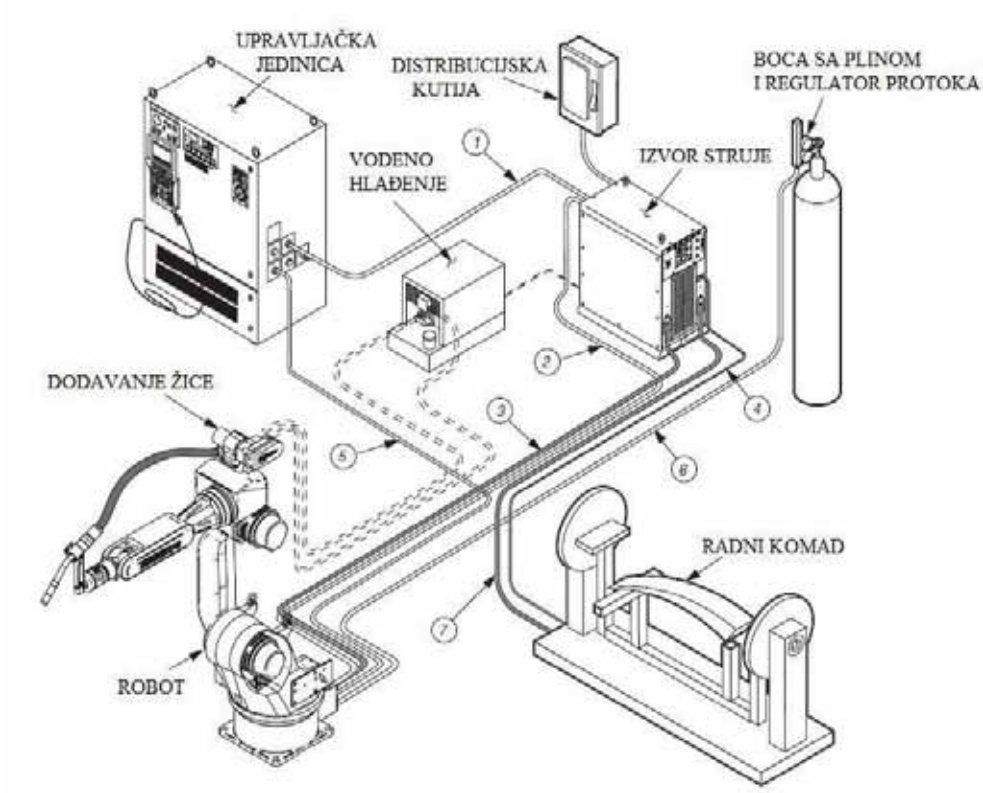


Slika 9. Blok dijagram za mješovitu (hibridnu) metodu programiranja [14]

Kod ove metode potrebno je robota pomoću teach pendanta prevesti preko željenih točaka, zapamtiti im pozicije (on-line dio mješane metode), te nakon toga na računalu koje je ili nije izravno povezano s robotom, uz zapamćene pozicije točaka izraditi program za zavarivanje (off-line dio mješane metode).
Programiranje kod kojeg se program napisan pomoću teach-in metode prebaci na računalo gdje se uz korištenje nekog od programskih paketa (npr. IPAS) modificira, također pripada u hibridno (mješano) programiranje.
Takvim načinom programiranja robot je kraće vrijeme zauzet nego kod on-line programiranja, ali se zahtjeva dodatni software i hardware (puno jeftiniji nego kod off-line programiranja!), a vrijeme učenja programiranja je nešto dulje nego kod on-line, a puno kraće nego kod off-line programiranja.

6.Konfiguracije robotskih stanica za MIG/MAG zavarivanje

Broj robotskih stanica za elektrolučno zavarivanje bilježi veliki porast. Dvije najučestalije stanice koje se javljaju u industrijskim pogonima su stanice za MIG/MAG i TIG postupak zavarivanja. Najčešće se javljaju iz razloga što se mogu vrlo lako povezati sa robotskim sustavom. Glavni dijelovi stanice za robotizirano zavarivanje su robotski manipulator (ruka), upravljačka jedinica robota, oprema za elektrolučno zavarivanje, jedinice za pozicioniranje, senzori te sigurnosna oprema.[15]



Slika 10. Robotska stanica za MIG/MAG postupak zavarivanja [15]

Glavni dio svake stanice za zavarivanje je robotski manipulator (ruka). Sastoji se od niza međusobno povezanih dijelova i zglobova sličnih onima koji se nalaze i kod ljudske ruke. Zglobovi povezuju dva dijela i omogućuju im međusobno relativno gibanje. To gibanje može biti ili pravocrtno ili rotacijsko. Ljudski mišići osiguravaju silu koja pokreće razne zglobove u tijelu, slično tome roboti koriste pogone za upravljanje ruke po programiranim putanjama, a kada dođu u krajnju tačku svojega kretanja tada im osiguravaju potrebnu krutost. Najčešće se upotrebljavaju električni i hidraulički pogoni, a ponekad i pneumatski]. Slika 10 prikazuje robotski manipulator za MIG/MAG zavarivanje.

Slika 11. Robotski manipulator za MIG/MAG zavarivanje[13]

6.1.Senzori za mjerenje tehnoloških parametara

Kompletni sistem za robotizirano elektrolučno zavarivanje se sastoji od:

- robota za elektrolučno zavarivanje, robota za rukovanje materijalom, itd.
- pozicionera izradaka
- steznih naprava
- opreme za zavarivanje (izvor struje, sustav za dodavanje žice, pištolj za zavarivanje)
- alatnog servisnog centra (čistač pištolja, rezač žice, sustav za kalibraciju alata)
- senzora za traženje početka zavara:
- mehanički taktilni senzor,
- električni taktilni senzor,
- optički senzor.
- senzora za praćenje zavara:
- elektrolučni senzor,
- laserski senzor.
- sigurnosne opreme (svjetlosne ograde, prekidači, uređaji za resetiranje.

- Neki od primjera senzora prikazani su na Slici 12 i 13.[3]

Slika 12. Optički senzor

Slika 13. CCD kamera

7.ZAKLJUČAK:

Zavarivanje pomoću robota je jedna od najzastupljenijih aplikacija industrijskih robota i ovo je područje gdje do punog izražaja dolazi brzina, preciznost i neprekidan rad robota, bilo da je u pitanju elektrolučno, točkasto ili neko drugo zavarivanje.
Osnovne odlike robota su samostalnost u radu, fleksibilnost i programabilnost. lako im se mijenjaju parametri rada, može mu se vrlo brzo dati potpuno novi radni zadatak. U gotovo svim poslovima koji im se povjeravaju, roboti se pokazuju kao znatno precizniji i brži od čovjeka. Također, robot nema određeno radno vrijeme, ne umara se, nema pauze, nema godišnjeg ni bolovanja. Najvažnije od svega roboti mogu raditi u uvjetima koji nisu dobri za zdravlje čovjeka ili su opasni po život čovjeka.
Roboti rade brže nego ljudi, a rade uvijek isto - precizno i nepogrešivo - pa je krajnji rezultat i kvalitetniji proizvod i zadovoljavajuče kvalitete.
Pored uštede u vremenu i angažiranoj radnoj snazi, ušteda može biti i u tome što roboti mogu zamijeniti bolje plaćene kvalificirane radnike (varioce) manje kvalificiranim radnikom koji služi robota (koji vari).
Problem kod robota je što nisu jeftini. Cijena, naravno, ovisi od primjene. Za najjednostavniji robotski sustav treba izdvojiti oko 50.000 eura, dok, primjerice, cijela linija od više desetaka robota za sklapanje karoserija u automobilskoj industriji može koštati i do 50 milijuna eura. Čisto ekonomski gledano, robot se može isplati već za pola godine, što pokazuju upravo primjeri robota za zavarivanje, pod uslovom da se mudro i i ntenzivno uposleni.

8. LITERATURA

[1] https://automatedsolutions.com.au/fanuc-m-900-series/
[2] Antonio Kovačevič,Završni Rad; Karlovac 2017.
[3]Željko Gojak, Završni rad; Karlovac, 2015.
[4] Ivan Rusan, Primjena SCARA robota za postupke obrade odvajanjem, Završni rad, Zagreb, 2009.
[5] http://media.digitalarti.com/files/images/abb%20robot.jpg , datum posjeta: 17.10.2022.
[6].http://automatizacija1.etf.rs/udzb_robotika.html
[7]„Industrial Robot Supply, Inc.“; www.industrialrobotix.com, 10. 12. 2010.
[8] .http://robotsko-zavarivanje.blogspot.hr/2011/12/
[9] https://www.automatika.rs/ inženjerski portal
[10] https://books.google.hr/books?Dostupno: 30. 08. 2017
[11] https://servus.hr/strucni-clanci/tip-tig-postupak-zavarivanja/
[12] Kožuh Z., Podloge za predmet robotizirano zavarivanje i IWE tečaj T.1.15., str.32-38(PPT)
[13]https://www.robots.com/motoman/ma1400 Dostupno: 13. 09. 2017.
[14]S. Kralj, Z. Koţuh; Programiranje robota; Zavarivanje, svezak 36, br. 1-2, str. 259-266, 1993.
[15]_https://www.industrijskiroboti.com/elektrolučno(MIG/MAG) zavarivanje

Prof. dr Jasmina Mijajlović[1]

Stručni rad
UDK 631.15:007.52(497.6)

PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U POLJOPRIVREDI

Apstrakt

Veštačka inteligencija olakšava i unapređuje život ljudi u različitim oblastima, a definiše se kao proučavanje bilo kojih uređaja koji mogu da opažaju i analiziraju svoje okruženje i da sa određenim stepenom autonomije, donose odluke kako bi ostvarili konkretne ciljeve. Sistemi zasnovani na veštačkoj inteligenciji mogu biti bazirani isključivo na softveru i delovati u virtuelnom svetu (virtuelni asistenti, internet pretraživači, softveri za analizu fotografija, sistemi za prepoznavanje govora i lica) ili mogu biti ugrađeni u uređaje hardver (napredni roboti, autonomna vozila, dronovi i slično). Primena veštačke inteligencije u poljoprivredi aktuelna je u čitavom svetu, a posebno u državama kojima je poljoprivredna proizvodnja jedna od ključnih grana ekonomije. U ruralnim područjima prisutan je problem nedostatka radne snage, koja je sve starija, tako da se mnoge države u svetu sve više oslanjaju na napredne metode uzgajanja useva uz pomoć veštačke inteligencije. Cilj je da se unapredi bezbednost svoje hrane, a sposobnost agro-tehnologije da poveća preciznost u nadgledanju i održavanju useva mogla bi da se pokaže od vitalnog značaja za održivi razvoj poljoprivrede u budućnosti.

Ključne reči: veštačka inteligencija, poljoprivreda, ruralna područja, radna snaga, bezbednost hrane, održivi razvoj.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN AGRICULTURE

Abstract

Artificial intelligence facilitates and improves people's lives in various fields, and is defined as the study of any devices that can perceive and analyze their environment and, with a certain degree of autonomy, make decisions in order to achieve specific goals. Systems based on artificial intelligence can be based exclusively on software and operate in the virtual world (virtual assistants, photo analysis software, Internet browsers, speech and face recognition systems) or they can be embedded in devices - hardware (advanced robots, autonomous vehicles, drones and the like). The application of artificial intelligence in agriculture is current throughout the world, especially in countries where agricultural production is one of the key branches of the economy. In rural areas, there is a problem of a lack of labor force, which is getting older, so many countries in the world are increasingly relying on advanced methods of growing crops with the help of artificial intelligence. The goal is to improve the safety of their food, and agro-technology's ability to increase precision in monitoring and maintaining crops could prove vital to the sustainable development of agriculture in the future.

[1] Evropski univerzitet Brčko

Key words: artificial intelligence, agriculture, rural areas, workforce, food security, sustainable development.

,

UVOD

Termin „veštačka inteligencija“ prvi put je usvojen još davnih 50-ih godina prošlog vekai od tada vrhunski naučnici širom sveta rade na njenom usavršavanju u cilju praktične primene. Za obične ljude veštačka inteligencija je nešto imaginarno, nešto što će se možda desiti u dalekoj budućnosti, posebno kada je reč o primeni u poljoprivrednoj proizvodnji. Međutim, roboti, senzori, veštačka inteligencija postaju sve prisutniji u svim oblastima, pa i u poljoprivredi. Već nekoliko godina unazad dronovi se koriste u stočarstvu, ali i za praćenje rasta biljaka, detekciju nedostatka hraniva ili pojavu bolesti. Kada je reč o stočarstvu, krave daju određene informacije, zahvaljujući kapsuli koja je nešto veća od tablete vitamina koju unose sa hranom. U kapsuli se nalaze senzori koji prenose informacije u kompjuterski sistem stočara, tako da na osnovu dobijenih informacija, vlasnik može znati kada je krava spremna za oplodnju. Senzori takođe rano prijavljuju povišenu temperaturu, ukoliko se životinja razboli, kako bi se na vreme započelo lečenje. Kada je reč o biljnoj proizvodnji široka je upotreba senzora, pa tako na primer koriste senzore proizvođači maslina za merenje unutrašnjeg pritiska u ćelijama lista. Ovi podaci su značajni za određivanje biljkama potrebnih količina vode. Veštačka inteligencija kontroliše navodnjavanje, predviđanje vremenskih prilika i dovodi do racionalne upotrebe vode. U organskoj proizvodnji svoje mesto je pronašlo vozilo Bonirob, koje je nastalo kao rezultat saradnje Boša, Osnabruk Univerziteta primenjenih nauka i proizvođača Amazon poljoprivredne mašine i koristi se u kontroli korova. Na polju se ovaj robot kreće brzinom hoda i ukoliko uoči nepoželjnu biljku, sabija je alatkom u zemlju bez upotrebe herbicida. Za sada nema bojazni da će organski proizvođači izgubiti status ukoliko koriste robotizovane operacije.

Primena veštačke inteligencije u svetskoj poljoprivredi

Uvođenje veštačke inteligencije u stočarstvo započeto je u SAD, primenom “Pametnog pomoćnika na farmi krava”. Reč je o projektu koji je nekoliko godina realizovan u Evropi, a koji uključuje primenu uređaja za detekciju pokreta, koji je pričvršćen za vrat krave i prenosi podatke o kretanju životinje. Uz pomoć senzora i programa veštačke inteligencije utvrđuje se kada tačno krava preživa, leži, ili se kreće, jede, pije vodu. Veštačka inteligencija omogućava farmerima da lakše nadgledaju svoja stada sa velikim brojem grla, kao i povećanje produktivnosti za 10 odsto. Sa druge strane, Vlada Japana subvencioniše razvoj 20 tipova robota koji pomažu u poljoprivrednim radovima, od setve do žetve raznih useva. Za uzgoj voća i povrća naučnici koriste providni i propusni polimerski omotač. Biljke rastu na vrhu omotača, koji pomaže da se u njemu čuvaju tečnosti i hranljivi sastojci, a ova tehnika troši 99 odsto manje vode od tradicionalne poljoprivrede i odbacuje upotrebu pesticida, tako što polimer sam blokira sve viruse i bakterije. Ovo je jedan od primera kako Japan u odsustvu zemlje i radnika uspeva da unese revoluciju u poljoprivredu. Registrovani su patenti za ovaj izum u skoro 120 zemalja, tako da se njive pretvaraju u tehnološke centre uz pomoć veštačke inteligencije, interneta i najsavremenije nauke. Svetski izveštaj Ujedinjenih nacija o razvoju vodenih resursa procenjuje da će 40 odsto proizvodnje žitarica i 45 odsto globalnog bruto domaćeg proizvoda

biti ugroženo do 2050. godine, ukoliko se nastavi narušavanje životne sredine. Metodi uzgajanja kao što je ovaj koriste se na više od 150 lokacija u Japanu i drugim zemljama, kao što su Ujedinjeni Arapski Emirati. Sa projektovanim porastom broja globalnog stanovništva sa 7,7 milijardi ljudi na 9,8 milijardi pre 2050. godine, potražnja hrane biće sve veća, pa samim tim i potrebe za mehanizacijom. U partnerstvu s Univerzitetom u Hokaidu, proizvođač mašina Janmar razvio je robotski traktor koji se već isprobava na njivama. Jedna osoba može istovremeno da upravlja sa dva traktora zahvaljujući senzorima koji identifikuju prepreke i sprečavaju da dođe do sudara. Proizvođač automobila Nisan lansirao je robota na solarnu energiju opremljenog GPS-om i vaj-fajom. Ova sonda u obliku kutije nazvana Patak putuje kroz poplavljena pirinčana polja, kako bi pomogla oksigenizaciju vode i da smanjenu upotrebu pesticida. Za zadatke kao što su prskanje useva sve se više koriste dronovi oni za pola sata mogu da obave posao za koji je čoveku potreban čitav dan. Visoka tehnologija takođe je omogućila proširenje useva čak i bez postojanja zemljišta. Preko proizvodnje u staklenim baštama i upotrebe hidroponike (metoda uzgoja biljaka bez zemlje, već uz upotrebu hranljivih materija rastvorenih u vodenim rastvaračima), Japan je uspeo da proširi proizvodnju voća i povrća. Mirai grupa pionir je u proizvodnji svih vrsta hrane koja ne mora da se čuva u frižideru. Ona trenutno žanje oko 10.000 glavica zelene salate dnevno. Proizvodnja je stotinu puta veća u poređenju sa konvencionalnim metodom. Preko senzorskog uređaja, kompanija kontroliše veštačko osvetljenje, tečne hranljive sastojke, nivoe ugljen dioksida i temperaturu. Uz veštačko osvetljenje, biljke rastu brže, a kontrolisan uzgoj eliminiše gubitke usled bolesti. Uprkos visokim energetskim troškovima, broj „fabrika za biljke" u Japanu se utrostručio za jednu deceniju, do brojke od trenutno 200 postrojenja. Japan se obavezao i da će pomoći afričkim zemljama da do 2030. godine udvostruče godišnju proizvodnju pirinča na 50 miliona tona, a konkretni projekti već su u toku. U Senegalu, na primer, Japanci su uložili u obuku poljoprivrednih tehničara i transfer tehnologije koji se uglavnom tiču navodnjavanja. Produktivnost se povećala sa četiri na sedam tona pirinča po hektaru, a zarada proizvođača skočila je za oko 20 odsto. Japanska strategija je da promoviše privatna ulaganja i proširi trgovinu održive poljoprivredne mehanizacije širom afričkog kontinenta. Cilj je japanska revolucija u unapređenju bezbednosti vlastite hrane: japanske vlasti žele da do 2050. godine sami proizvode najmanje 55 odsto hrane koja je potrebna zemlji.

Podrška zaštiti bilja daljinskim sistemom senzora

Još jedan od projekata, koji će značajno doprineti produktivnosti u poljoprivredi, je najnoviji sistem senzora i neuronskih mreža koji će poljoprivrednike u EU u istom minutu obavestiti šta se promenilo u polju i šta mora da preduzme. U ovom projektu učestvuju i naučnici iz Srbije, a Evropska komisija ocenjuje i vrednuje projekat "Podrška zaštiti bilja daljinskim sistemom senzora", na kom već godinu radi devet instituta, fakulteta i preduzeća iz Nemačke, Francuske, Španije i Srbije. Ukoliko bude prihvaćen od EU za tri naredne godine biće prototip najsavremenijeg elektronskog zemljoradnika sa veštačkom inteligencijom. Može se sa sigurnošću reći da u Evropi ne postoji problem količine proizvedene hrane, ali se sve strože zahteva da u njenom sadržaju bude što manje hemijskih sredstava za zaštitu bilja. Evropska komisija je do sada već tri puta upozorila Nemačku zbog prekomerne količine azota u poljoprivrednom zemljištu. U zemljama EU senzori se već koriste za javljanje podataka iz polja, i oni obaveštavaju na primer da u polju možda kroz dva ili tri sata treba navodnjavati ili prskati. Novi sistem senzora bi trebalo da omogući reagovanje u realnom vremenu, što je najvažnije u ovoj inovaciji. Cilj je da se u istom minutu vlasnik informiše o tome šta se promenilo u polju, kad tačno mora da navodnjava, hrani ili prska i kojom količinom određenih

sredstava. Projekat sadrži i neophodne činjenice o povećanju isplativosti, pravovremenim sprečavanjem bolesti biljaka i povećanjem prinosa bezbedne hrane. Predviđeno je postavljanje senzora ili senzorskih čvorova u polju, tj. komponente sa elektronikom za pretvaranje analognog u digitalni signal. Reč je o svim vrstama podataka, koje senzor treba da prikupi: iz tla ili sa biljke, od meteoroloških do fenoloških i epidemioloških, uz dodatak snimaka, multispektralnih, infracrvenih ili običnih fotografija, načinjenih dronom. Sve te činjenice slivaju se u glavni server, procesor radi obrade, gde se svi prikupljeni podaci unose u pripremljenu neuronsku mrežu, koja je konstruisana na principu moždanih ćelija čoveka (veštačka inteligencija). Postoje modeli za pšenicu i vinovu lozu, uskoro i za papriku, a te tri biljke upravo su predmet rada u ovom projektu. Na osnovu teorijskih podataka o potrošnji nutrijenata i vode vezano za fenologiju razvića, pravi se grafički prikaz realnih potreba biljke po svakom zadatom parametru. Dakle, voda, makro i mikro elementi, i na osnovu toga projektuje se i visina prinosa. To je izuzetno veliki posao zbog toga što svaki pripremljeni model prolazi kroz provere, i u toku njih vidi se da li su te grafički prikazane vrednosti realne ili ne. Na osnovu treninga neuronskih mreža obradom izuzetno mnogo podataka i merenja u polju u prvoj fazi, uz podatke o modelu biljke, stvara se mogućnost stvaranja mreže na osnovu već stečenog znanja. Ona će naučiti, na primer, da sa priličnom sigurnošću odredi vlažnost tla i na mestima gde to nije mereno senzorima. Koordinator projekta je Institut IHP iz Frankfurta na Odri, a članovi ”Lajbnic” (Centar za istraživanja u poljoprivredi, Berlin, Nemačka), Univerzitet u Kantabriji (Santander, Španija), INRA (Tuluz, Francuska), Institut za ratarstvo i povrtarstvo i Fakultet tehničkih nauka iz Novog Sada, Agronomski fakultet i Fakultet tehničkih nauka iz Čačka i kompanija ”Smart rural” iz Valjadolida u Španiji, specijalizovana za iznajmljivanje dronova.

Veštačka inteligencija u poljoprivredi Srbije

Digitalna transformacija u poljoprivredi je prosec koji je krenuo nedavno, a digitalne tehnologije će osim poljoprivrednika prihvatiti i semenske kuće, distributeri, banke i osiguravajuće kuće. Imajući u vidu da su u svetu cene inputa porasle, znači da poljoprivreda mora da bude mnogo efikasnija. Porastom populacije na Zemlji pritisak na poljoprivrednike da povećaju produktivnost uz smanjenje inputa i uticaja na životnu sredinu, biće sve veći. Jedino informacione tehnologije imaju potencijal da odgovore na ove izazove, upozoravaju naučnici. Jedan od važnih iskoraka u ovoj oblasti je projekat „CERES“ značajan u primeni širokog spektra relevantnih podataka koji se svakodnevno generišu i u kojima leži ogroman potencijal za poboljšanje poljoprivredne proizvodnje i razvoj koncepta pametne i regenerativne poljoprivrede. Reč je o projektu koji je finansiran iz Fonda za nauku Republike Srbije Programa za razvoj projekata iz oblasti veštačke inteligencije. U fokusu projekta „CERES“ je izrada alata na bazi algoritama veštačke inteligencije namenjenih podršci poljoprivrednoj proizvodnji, kao i regenerativnoj poljoprivredi što rezultira vezivanjem ugljenika u zemljištu i borbom protiv klimatskih promena. Ideja projekta je da se kreiraju modeli koji bi na osnovu mnoštva dostupnih informacija u vidu optičkih i radarskih satelitskih snimaka (Satelitska misija Copernicus), podataka o zemljištu (in-situ, LandGIS, SoilGrids), preciznih meteoroloških podataka i tekstualnih informacija dostupnih na internet portalima namenjenim poljoprivredi mogli da automatizovano generišu nove informacije koje će služiti pravovremenom donošenju ispravnih odluka u poljoprivredi. Modeli će biti razvijani za potrebe: rane identifikacije promena u rastu biljke, automatizovanog zaključivanja o uzrocima nastalih promena, procene prinosa, procene humusa u zemljištu i identifikaciju aktivnosti obrade zemljišta. Informacije su bazirane na satelitskom osmatranju Zemlje za "pametniju" i regenerativnu poljoprivredu.

Cilj projekta CERES jeste izrada skupa proizvoda geoprostornih informacija na bazi algoritama veštačke inteligencije i geoinformatike, zajedno sa proizvodima daljinske detekcije, text mining-a, uključujući i uzorkovanje zemljišta, koji imaju potencijal za unapređenje poljoprivredne proizvodnje u Srbiji, povećanje profitabilnosti poljoprivrednog sektora, kao i procenu prinosa i sadržaja hranljivih materija u zemljištu radi podrške regenerativnoj poljoprivredi.

1.*Razvoj modela za identifikaciju promena na usevima* (bolesti biljaka, štetočine, suša, vremenske nepogode) Podaci satelitskog osmatranja Zemlje biće korišćeni, obrađeni i "prevedeni" u korisne informacije u cilju detekcije promena na poljoprivrednim parcelama. Modeli prepoznavanja obrazaca i rane detekcije promena na usevima biće bazirani na veštačkim neuronskim mrežama.

2.*Razvoj modela za procenu prinosa useva za najzastupljenije vrste useva* (pšenica, kukuruz, ječam, soja, suncokret) Procena prinosa useva je od značaja za analizu i poređenje produktivnosti polja, ali takođe omogućava poljoprivrednicima da donesu odluke vezane za prodaju i/ili skladištenje prinosa i planiraju logističke aktivnosti u cilju efektivnog transfera prinosa od njive do industrijskih centara.

3.*Razvoj modela za identifikaciju aktivnosti obrade zemljišta (oranja) u kontekstu regenerativne poljoprivrede Carbon farming uključuje tehnike kultivacije zemljišta po principima regenerativne poljoprivrede, pri čemu dolazi do uklanjanja ugljen-dioksida iz atmosfere (koji je zaslužan za globalno otopljavanje) i njegove transformacije u jedinjenja na bazi ugljenika u zemljištu povećavajući mu plodnost*. Cilj je definisanje metodologije i pristupa u cilju kartiranja promena u načinu obrade zemljišta korišćenjem Sentinel-1 i Sentinel-2 satelitskih snimaka, visoke prostorne rezolucije (100 m), primenom algoritama za detekciju promena baziranih na metodi veštačkih neuronskih mreža.

4.*Razvoj modela za prostornu interpolaciju organskog ugljenika u zemljištu.* Indeksi površinske refleksije i vegetacioni indeksi dobijeni na osnovu optičkih satelitskih snimaka (Sentinel-2), tekstura zemljišta dobijena na osnovu radarskih satelitskih snimaka (Sentinel-1), kao i klimatske promenljive i faktori površi terena biće iskorišćeni kao prediktori u cilju stvaranja modela za kartiranje organskog ugljenika u zemljištu. Budući da je organski ugljenik u zemljištu izvor hranljivih sastojaka i od velikog značaja za poljoprivrednu proizvodnju, procenjene količine organskog ugljenika biće sastavni deo modela za upravljanje poljoprivredom i procenom prinosa useva.

4.*Razvoj metoda za izdvajanje informacija o događajima u poljoprivredi i prinosima koristeći nestrukturirane tekstualne izvore*. Informacije o neželjenim poljoprivrednim događajima (prirodne nepogode, suša, bolesti, napadi štetočina,) i prinosima useva često se objavljuju na brojnim lokalnim ili državnim vestima, izveštajima poljoprivrednih službi i na društvenim mrežama. Takve informacije, ako se pravilno prepoznaju, preuzmu i definišu u geoprostornom kontekstu, mogu biti dopuna dostupnim optičkim i radarskim satelitskim snimcima prilikom izrade i validacije različitih modela.

5.*Izrada dnevnih karata temperatura i padavina visoke prostorne rezolucije*. Podaci o temperaturama i padavinama veoma utiču na donošenje odluka vezanih za poljoprivredne useve. Karte temperatura na dnevnom nivou, visoke prostorne rezolucije, biće generisane iz javno dostupnih merenja na meteorološkim stanicama korišćenjem tehnika prostorno-vremenskog regresionog kriginga.

BioSens institut u Novom Sadu je istraživačko-razvojni institut za informacione tehnologije biosistema. Osnovan je 2015. godine i pionir je digitalne transformacije poljoprivrede u Srbiji.

Istražujući naučne i tehnološke granice inovativne primene IT-a u poljoprivredi, Institut teži da srpskom, ali i svetskom poljoprivrednom sektoru pruži vrhunska digitalna rešenja kako bi se uz manje investicija ostvarili veći prinosi. Nauka o materijalima, mikro i nano elektronika, projektovanje senzora, daljinska detekcija, Internet stvari, veštačka inteligencija, bioarheologija samo su neke od naučnih oblasti koje Institut integriše kako bi poljoprivredu učinio efikasnijom i naukom podstakao ekonomski razvoj, društveni boljitak i zaposlenost. Kako bi podstakao digitalnu transformaciju poljoprivrede u svim njenim segmentima, BioSens nudi mnoštvo rešenja za poljoprivrednike sa različitom veličinom poseda, od porodičnih poljoprivrednika do velikih poljoprivrednih preduzeća. Mali poljoprivrednicima izuzetno pomaže besplatna digitalna platforma AgroSens uz pomoć koje mogu voditi digitalne knjige polja, analizirati obrađene satelitske slike i dobiti značajen informacije o vremenskim uslovima. Međutim, BioSens takođe nudi rešenja za velika poljoprivredna preduzeća koja odgovaraju njihovim potrebama i njihovim informacionim sistemima. Novosadski institut BioSens se našao u svetskom vrhu kada je tim istraživača osvojio treću nagradu za primenu veštačke inteligencije u poljoprivredi "Izazov za useve" na prestižnom takmičenju Instituta u Ostinu (SAD). Ovo takmičenje svake godine organizuje kompanija Sindženta, jedan od svetskih lidera u razvoju semena i agrohemije, sa ciljem da inovativnim idejama iz IT sfere ubrza razvoj novih sorti i hibrida. Pred naučnike je postavljen zahtev da na osnovu više od pola miliona podataka o vremenskim prilikama i prinosima, od gotovo 2.500 hibrida kukuruza odaberu one koji su otporni na sušu i visoke temperature. BioSensovo rešenje spaja rezultate iz više naučnih oblasti i temelji se na razvoju meteoroloških indikatora i naprednih algoritama mašinskog učenja i veštačke inteligencije. Imajući u vidu da su poslednjih sedam godina bile tri suše, a ovaj trend klimatskih promena će se nastaviti i u narednom periodu, potrebno je prilagoditi poljoprivrednu proizvodnju, a u tome je značajna primena veštačke inteligencije. Sateliti, dronovi, senzori i hiperspektralne kamere proizvode ogromne količine informacija o biljkama. Centar za infomacione tehnologije primenjuje napredne tehnike mašinskog učenja, modeluje procese koji se odvijaju u biosistemima, optimizuje donošenje odluka i izdvaja dragocena znanja iz dugih nizova heterogenih podataka. Istraživanje Centra usmereno je ka obradi podataka dobijenih od različitih uređaja među kojima su sateliti, sonde za zemljište, ručni senzori i niz specijalizovanih kamera. Centar za senzorske tehnologije fokusira se na razvoj senzora koji detektuju i mere različite parametre i procese u biosistemima, i koji nalaze primenu u poljoprivredi, zaštiti životne sredine i medicini. Centar okuplja istraživače iz različitih oblasti uključujući fiziku, hemiju, biologiju, elektroniku, nauku o materijalima i masenu spektrometriju. Centar za biosisteme posvećen je razumevanju diverziteta, varijabilnosti i funkcionisanja biosistema (od ćelije do organizma, od vrste do populacije i od staništa do ekosistema). Fundamentalna istraživanja i procena biosistema predstavljaju osnov za zaštitu ekosistema, održivo upravljanje poljoprivrednim aktivnostima i uspostavljanje sistema dugogodišnjeg monitoringa životne sredine. Takođe, Centar se bavi i rekonstrukcijom drevnih biosistema kroz primenu različitih analitičkih metoda u analizi organskih ostataka prošlosti, kao što su: ljudske i životinjske kosti, biljni ostaci i biomolekuli. U okviru Centra se razvijaju i metode biomolekularnog inženjerstva i molekularne dijagnostike u bliskoj saradnji sa Centrom za senzorske tehnologije i istraživanjima u oblasti biosenzora, a radi se i na metodama inovativne naučne discipline – ćelijske poljoprivrede tj. primene tkivnog inženjerstva za proizvodnju hrane tj. kultivisanog mesa.

U Srbiji se veštačka inteligencija najviše razvija u oblasti industrije i poljoprivrede. Zahvaljujući inteligentnoj obradi podataka u poljoprivredi mogu se dobiti različite procene o mogućnostima uvećanja prinosa. Veštačka inteligencija ima potencijal da odgovori na brojne društvene potrebe, navode u Fondu za nauku Srbije. Ovaj Fond osnovala je 2018. godine Vlada Srbije u cilju unapređenja naučnih istraživanja i finansiranja projekata u ovoj oblasti. Godinu

dana kasnije usvojena je Strategija razvoja veštačke inteligencije za period od 2020. do 2025. godine, koja predviđa njenu primenu u obrazovanju, ekonomiji, uslugama u javnom sektoru i drugim oblastima. Prema podacima o spremnosti za veštačku inteligenciju koje objavljuje britanska organizacija Oxford Insights u saradnji sa kanadskim International Development Research Center-om, Srbija je 2020. godine bila na 46. mestu od 172 rangirane države. Indeks meri indikatore spremnosti u okviru četiri oblasti - upravljanje, infrastruktura i podaci, veštine i obrazovanje i javna uprava i usluge. Na prvom mestu po spremnosti za veštačku inteligenciju su Sjedinjene Američke Države, slede Velika Britanija, Finska i Nemačka, dok Kina zauzima 19. a Rusija 33. mesto na listi. Od država u okruženju, najbolje je pozicionirana Slovenija na 39. mestu. Hrvatska je na 58. mestu, a ispod nje su Crna Gora (70), Severna Makedonija (73) i Bosna i Hercegovina (100).

Srpski startap Agrines je razvio softver koji omogućava kompanijama u oblasti poljoprivrede da na efikasniji način organizuju svoju kooperaciju. Povezuju kooperaciju sa poljoprivrednicima, omogućavajući im bržu i lakšu komunikaciju, trgovinu i savetovanje u oblasti zaštite bilja, istovremeno optimizujući proces vođenja svih informacija vezanih za ulaz robe, vođenje stanja u skladištima i prodaju. Digitalizacija je trenutni korak, a već sledeći će biti veštačka inteligencija. Sa druge strane, osnivači startapa „Cropt“ osmislili su „AI sistem za automatsku procenu prinosa i rizika poljoprivrednih klijenata“ uz slogan „Jednim klikom u novu sezonu“. Cropt je nastao kao spinof Instituta BioSens, Evropskog centra izvrsnosti za napredne tehnologije u održivoj poljoprivredi. Od ove iskre, Cropt je prerastao u bastion veštačke inteligencije i nauke o podacima. Duga partnerstva sa globalnim akterima i rastući niz uspešnih primera primene tehnologije u digitalnoj poljoprivredi predstavljaju izazov za tim Cropta, da postigne više i razvije rešenja za održivu poljoprivredu i prehrambene sisteme. Tim ove kompanije trenutno čine stručnjaci za veštačku inteligenciju kao i konsultanti iz oblasti klimatske nauke, nauke o zemljištu, poljoprivrede, geografskih informacionih sistema i mnogi drugi stručni ljudi iz srodnih oblasti. Od 2019. kompanija se bavi veštačkom inteligencijom u poljoprivredi. „Cropt“ već ima tehnologiju koja se temelji na obradi velikih količina podataka i veštačkoj inteligenciji. Tako nešto je razvijeno najpre sa poljoprivrednicima, radi optimizacije odluka koje poljoprivrednici donose na njivi, gde je prinos jedan od osnovnih parametara u izboru kultura i sorti koje se seju. Ovim se postižu veći prinosi i manji rizici samo na osnovu pametnog izbora setvene strukture. Na osnovu rezultata banke mogu da procene tačan rizik na određenoj parceli i u skladu sa tim optimizuju svoju ponudu, odnosno visinu kredita i kamatnu stopu. Na sličan način ovaj sistem može pomoći i osiguravajućim kućama. Ovo idejno rešenje namenjeno je velikim kompanijama kao što su: semenske kuće, proizvođači đubriva i finansijske kompanije, kao i za procenitelje vrednosti poljoprivrednog zemljišta. Sistemi su bazirani na velikoj količini podataka koji potiču sa satelita, mapa kvaliteta zemljišta, reljefa, baza klimatskih podataka i drugih izvora. Analize se rade na nivou mikro lokacije, konkretnog kvaliteta zemljišta na određenoj parceli, konkretne količine padavina, konkretne elevacije terena, a to se sve propušta kroz modele veštačke inteligencije da bi se na kraju dobili veoma precizni podaci o očekivanom prinosu i riziku koji prati određenu proizvodnju.

Tehnološke inovacije u poljoprivredi

Koncept poljoprivredne proizvodnje čiji je fokus na selektivnoj obradi manjih površina unutar proizvodne parcele naziva se precizna poljoprivreda. Uz pomoć automatizacije i posebnih alatki, poljoprivrednici mogu kvalitetnije da prate promene na zemljištu i da reaguju na vreme. Informacione tehnologije, raznovrsni senzori, satelitska navigacija, kao i precizna

analiza uzoraka samo su neki od faktora koji čine preciznu poljoprivredu tako revolucionarnom. Ove tehnologije moguće je korisiti za sve gajene kulture. Ipak, najveću primenu do sada imale su u ratarsko-povrtarskoj proizvodnji. Automatizacija procesa i sigurnost u kvalitet proizvedenog su glavni ciljevi precizne poljoprivrede. Zahvaljujući pouzdanoj analizi uzorka i mogućnosti da se rad prati u realnom vremenu, ovaj koncept dobija sve više na popularnosti. U nekim delovima sveta, koncept je popularan i rasprostranjen. Ipak, od ove godine, 2023. se očekuje da ceo svet počne da ga uvodi. Vertikalna poljoprivreda vrtoglavo brzo postaje jedna od najpopularnijih poljoprivrednih praksi. Kako se odnosi na proizvodnju kultura u zatvorenom prostoru, sama ideja je revolucionarna. Ova praksa dozvoljava uzgajivačima da koriste resurse na koje se ranije nisu mogli osloniti. Ovde se koriste vertikalne strukture poput polica. Na taj način, koristi se manji prostor za uzgoj veće količine biljke. U zatvorenom prostoru, moguće je uspostaviti veću kontrolu nad uslovima uzgoja. Temperatura i vlažnost vazduha lako se regulišu, a uz pomoć mnogobrojnih senzora prate i najsitniji detalji i promene. Vertikalna poljoprivreda idealan je način proizvodnje za gradove. Efikasniji sistemi navodnjavanja, kao i ozbiljne uštede novca i vremena samo su neke od prednosti ovog sistema proizvodnje. Automatizacija farme odnosi se na upotrebu mašina, robotike i auomatizovane opreme da bi se pospešile poljoprivredne operacije. Uz veću upotrebu mašina, postiže se veća preciznost. Napredne tehnologije često mogu i da upozore na potencijalnu štetu ili problem na vreme. Ovim putem, svakom problemu se može pristupiti preventivno, što dalje smanjuje troškove. Kada su inovacije u poljoprivredi u pitanju, treba pomenuti i regenerativnu poljoprivredu. Ovaj vid proizvodnje odnosi se na praksu kojom se povećava vlažnost zemljišta i njegov kapacitet da zadržava ugljenik. Na ovaj način, zemljište postaje plodnije, razvija veću otpornost i stvara se bolja biološka raznovrsnost. Postoji nekoliko principa na kojima se regenerativna poljoprivreda zasniva: neprekidna pokrivenost tla, raznoliki plodoredi, živo korenje, minimalna obrada i integracija stanovnika tla. Kako su ciljevi ove vrste proizvodnje poboljšanje kvalitetat i kvantiteta prinosa, kao i smanjenje troškova, očekuje se da bude široko prihvaćena širom planete. Ne možemo spomenuti inovacije u poljoprivredi bez pomena veštačke inteligencije. Sistemi bazirani na veštačkoj inteligenciji se već neko vreme koriste u poljoprivredi. Oni mogu služiti za sakupljanje i analizu podataka, precizne prognoze prinosa, kao i za operacije poput uklanjanja korova i optimizacije rasporeda navodnjavanja. Analiza podataka možda je i najvažnija. Zahvaljujući pouzdanoj analizi, moguće je donositi najbolje odluke i planirati poljoprivredne aktivnosti. Na kraju, sistem koji donosi revoluciju u gajenju biljaka jeste hidroponika. Ova proizvodnja fokusira se na uotrebu hemijski nereaktivnih supstanci i inertnih supstrata. Takođe, hidroponika podrazumeva gajenje biljaka u zaštićenom prostoru, najčešće stakleniku. Kao podloge za ovaj vid proizodnje, koriste se mineralna vuna, pesak, perlit, vermikulit i granitni šljunak. Kako ne traži puno prostora, hidroponska proizvodnja idealna je za urbane sredine. Ovakva proizvodnja već je široko poznata, ali njeno vreme se tek očekuje u godinama pred nama. Poljoprivredna preduzeća bi mogla da postanu jedni od glavnih potrošača savremenih tehnologija jer se od njih neprestano zahteva povećanje produktivnosti. Više od polovine poslova u poljoprivredni i šumarstvu (58 odsto) već sada mogu da zamene roboti, nedavno je objavljeno u izveštaju stručnjaka Ruske akademije za nacionalnu ekonomiju. Kako prenose ruski mediji, stručnjaci procenjuju da je moguće automatizovati 73 odsto svega što radnici u hotelijerstvu sada rade, 60 odsto u proizvodnji, 53 odsto u maloprodaji. Oni procenjuju da će za desetak godina veštine oko 45 odsto zaposlenih postati zastarele i nepotrebne poslodavcima. Prognoziraju da doba digitalizacije uskoro dolazi, ali da radnici još imaju vremena da se prekvalifikuju. Ipak, u izveštaju se navodi da zbog digitalizacije i automatizacije za oko 20 miliona ljudi postoji rizik da izgube posao. To se, ističu, ne odnosi samo na seosku radnu snagu za koju se tradicionalno misli da obavlja najteže poslove i koju je teško zameniti robotima. Jasno je da vodeće agrarne države pronalaze sve više prednosti digitalizacije u poljoprivrednom sektoru. U slučaju Rusije

procenjuje se da bi prelazak poljoprivrednih preduzeća na poslovne modele zasnovane na savremenim tehnologijama imao značajan ekonomski efekat. U nekom periodu mogao bi da dovede do rasta BDP-a od 5,6 odsto. Očekuje se da će u ovom sektoru doći do rasta potrošnje informacionih tehnologija oko 20 odsto. Prema procenama, poljoprivredna preduzeća bi u narednih nekoliko godina mogla da postanu jedni od glavnih potrošača ove tehnologije jer se od njih neprestano zahteva povećanje produktivnosti. Robotizacija srpske poljoprivrede takođe je potrebna, ali trenutno nije na zavidnom nivou. Na selu je sve manje ljudi, a agrar je jedna od strateških grana gde se isplati ulagati u vrhunske tehnologije. U Centra za robotiku Instituta „Mihajlo Pupin", koji je poslednjih nekoliko godina realizovao i komercijalizovao više uređaja za agrarni sektor, poput onog robotizovanog koji služi za navodnjavanje, odnosno za optimalno korišćenje agrarnih resursa kažu da je robotika u agraru širok pojam. To nisu samo manipulatori već i servisne jedinice koje pomažu korisnicima da uz manje napora obave poslove. Na primer razvijaju se roboti za mehaničko odstranjivanje korova, kao i namenjeni voćarstvu, povrtarstvu. U Srbiji postoje subvencije za nabavku vrhunske opreme, ali zbog neinformisanosti i needukativnosti tog dela stanovništva to nažalost nije dovoljno zaživelo, mada bi digitalizacija bila spas za poljoprivredu jer mladi ljudi sa sela neće da se bave tradicionalnom poljoprivredom.

Zaključak

Veštačka inteligencija će sigurno ubrzano ući i u poljoprivredu. Nećemo dugo čekati na nju. Ona će predstavljati novu industrijsku revoluciju, koja će, kao i sve prethodne imati velke, kako pozitivne tako i negativne posledice na celo društvo. Očekuju nas velike promene i velika prilagođavanja kompanija, pojedinaca i državnih sistema, sa ciljem da se izgradi sistem koji pomaže svima u poljoprivredi da povećaju svoj potencijal i ukaže na promene koje su neizbežne. U prošlosti, poljoprivrednici su se oslanjali samo na tradicionalne načine obrade zemljišta i uzgajanja biljnih kultura. U domenu savremenog agrara rešenja su upravo u robotizaciji, digitalizaciji i automatizaciji, a očekuje se da će cene savremenih tehnologija padati u narednim godinama i da će uređaji, koji su trenutno relativno skupi, postajati sve pristupačniji poljoprivrednicima. Veštačka inteligencija u poljoprivredi će omogućiti povećanje efikasnosti i produktivnosti poljoprivredne proizvodnje, uz poštovanje ekonomskih, ekoloških i socijalnih indikatora održivog razvoja. Opšti cilj Strategije razvoja veštačke inteligencije u Republici Srbiji za period od 2020. Do 2025.godine je upotreba veštačke inteligencije u funkciji ekonomskog rasta, zapošljavanja i kvalitetnijeg života, dok su kao posebni ciljevi definisani razvoj obrazovanja usmeren ka potrebama savremenog društva i privrede uslovljenim napretkom veštačke inteligencije, razvoj nauke i inovacija u oblasti veštačke inteligencije i njenih primena, razvoj ekonomije zasnovane na veštačkoj inteligenciji i unapređenje pretpostavki za razvoj veštačke inteligencije i usluga javnog sektora primenom veštačke inteligencije.

Literatura

Marko M. Kostić (2021): Precizna poljoprivreda, Poljoprivredni fakultet, Univerziteta u Novom Sadu.

http://www.agronews.rs/uzgajanje-krava-uz-pomoc-vestacke-inteligencije/

https://biosens.rs//

https://www.bbc.com/serbian/lat/svet-49967598

https://ceres.rs/

https://europa.rs/agrar-robot-koji-ore-navodnjava-i-bere/

https://poljoprivreda.info/tekst/farme-buducnosti

Petar Stevanović[1]
Vera Popović[2]

Stručni rad
UDK 631.147:631.115.7

SAVREMENE INOVACIJE U POLJOPRIVREDI U ODNOSU NA ALTERNATIVNU POLJOPRIVREDNU PROIZVODNJU

Sažetak
U prethodnih nekoliko decenija svjedoci smo stalnih, velikih promjena u svjetu poljoprivrede. Od uvođenja mineralnih đubriva na tržište sredinom prošlog vjeka, do veoma značajnih inovacija na polju poljoprivredne mehanizacije, koje se danas razvijaju više nego ikada. A kako svjetska populacija raste, a prostora za obradive površine je sve manje, danas se inovacije u poljoprivredi usmjeravaju ka većoj produkciji poljoprivrednih dobara na istom ili čak manjem prostoru. Kao i ka automatizaciji i optimizaciji poljoprivrednih procesa, kako bi se sa manje ulaganja (i vremena i novca) postigli veći rezultati. Nekada davno žetva je podrazumjevala angažovanje svake radno sposobne osobe u selu, a usjevi su se savladavali uz pomoć primitivnih alata. Naučna i inženjerska otkrića su u posljednjih godina bitno olakšala i izmijenila taj proces, te je mehanizacija umanjila potrebu za ljudskom radnom snagom. Upravo zbog toga postoje određeni strahovi da će roboti i samoupravljive mašine dodatno smanjiti potrebu za običnim radnicima, pa stručnjaci pokušavaju da objasne da će stara radna mjesta zamjeniti nova, što znači da bi vozač traktora u tom novom poretku mogao da bude upravitelj čitave flote mašina, koju bi uz pomoć pametnog telefona kontrolisao sa udaljenosti.

Ključne riječi: inovacije, poljoprivredna mehanizacija, automatizacija,roboti, pametni telefoni, GPS

MODERN INNOVATIONS IN AGRICULTURE IN RELATION TO ALTERNATIVE AGRICULTURAL PRODUCTION

Abstract

In the past few decades, we have witnessed constant, major changes in the world of agriculture. From the introduction of mineral fertilizers to the market in the middle of the last century, to very significant innovations in the field of agricultural mechanization, which are developing today more than ever. And as the world's population grows, and the space for arable land is decreasing, today innovations in agriculture are directed towards greater production of agricultural goods on the same or even smaller space. As well as towards the automation and optimization of agricultural processes, in order to achieve greater results with less investment (both time and money). Once upon a time, harvesting involved the involvement of every able-bodied person in the village, and the crops were mastered with the help of primitive tools. In recent years, scientific and engineering discoveries have greatly facilitated and changed that process, and mechanization has reduced the need for human labor. This is precisely why there are certain fears that robots and self-driving machines will further reduce the need for ordinary workers, so experts are trying to explain that old jobs will be replaced by new ones, which

[1] Evropski univerzitet Brčko distrikt BiH
[2] Institut za ratarstvo i povrtarstvo Novi Sad Srbija

means that the tractor driver in this new order could be the manager of an entire fleet of machines. which he would control from a distance with the help of a smartphone.

Keywords: innovations, agricultural mechanization, automation, robots, smartphones, GPS,

AUTOMATIZACIJA POLJOPRIVREDE

Automatizacija poljoprivrede je važan korak ka vremenu u kojem će mašine obrađivati zemlju bez učestvovanja čovjeka, te farmera poslati u smjeru evolucije koja će od njega napraviti menadžera, ili osobu zaduženu za programiranje pametnih mašina.

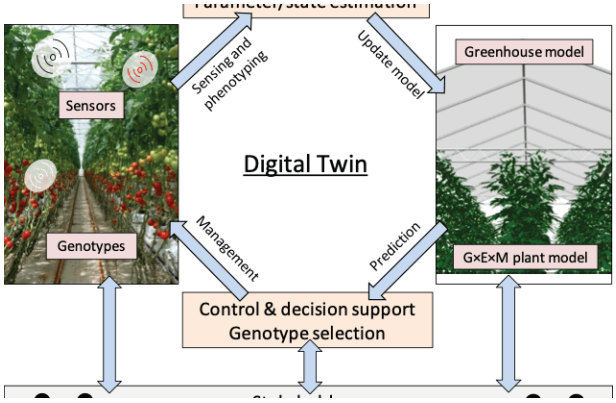
Nova agrikulturalna revolucija“ počela je u septembru 2017. godine u Britaniji, kada su u okviru projekta Hands Free Hectare automatizovane mašine, kojima se upravlja na daljinu, počele da obrađuju polja.Tim stručnjaka sa Harper Adams univerziteta je tom prilikom završio proces proizvodnje, a bez toga da je ljudska noga kročila na zemljište koje se obrađuje. Poljoprivredni poslovi odavno uključuju različite mašine, ali je ovo bio prvi put da je proces od početka do kraja automatizovan. Radi se o potpunoj digitalizaciji koja uključuje vještačku inteligenciju, digitalnu povezanost, robote, dronove, te druge mašine koje započinju novu revoluciju i postavljaju temelje za veliki promjene unutar ovog dijela industrije.

INOVACIJE U POVRTLARSKOJ PROIZVODNJI

Tehnološki napredak je doneo nove tačke s kojih može da se gleda, a u tome su poslednjih godina pomogli i roboti. Pored toga što služe za pomoć i zabavu, ove mašine mogu da se pretvore i u oruđe za obavljanje poljoprivrednih poslova u modernim gazdinstvima (Živković M. 2021). Robot „L“ (sl.1.) kojeg je razvila japanska kompanija AGRIST. Okačen je na žicu koja se pruža duž staklenika, a posao može da obavlja satima. Težak je 16 kilograma i opisuju ga kao „preciznog berača paprike“. Za razliku od većine drugih robota koji se kreću uz pomoć točkova, „L“se kreće preko žičanog sistema, što znači da ne zauzima prostor na zemljištu. Za ubiranje jednog ploda potrebno mu je manje od 30 sekundi.

Slika 1. Robot „L“

U plasteničkoj proizvodnji povrća imamo primjenu sve većeg broja savremenih inovacija. U proizvodni paradajza u plasteniku imamo primjenjenu tehnologijiu koja se bavi digitalizacijom i vizualizacijom biljaka paradajza u staklenicima u saksiji u zatvorenim okruženjima (Cao'an Rd. et al.2015). Za digitalizaciju, jeftin i efikasan komercijalni stereo senzor – Microsoft Kinect – koristi se za odvajanje vizuelnih informacija o biljkama paradajza od pozadine (sl.2). Na temelju Kinect-a, predložen je pristup u 4 koraka koji može automatski detektirati i segmentirati stabljike biljaka paradajza, uključujući prikupljanje i prethodnu obradu podataka slike, detekciju segmenata stabljike, uklanjanje lažnih detekcija i automatsku segmentaciju segmenata stabljike. Ispravno segmentirani uzorci teksture, uključujući stabljike i listove, zatim se pohranjuju u bazu podataka tekstura za dalju upotrebu. Preciznost detekcije stabljike (u simuliranom okruženju staklenika) za sortu cherry paradajza je 98,4% pri stvarno pozitivnoj stopi od 78,0%, dok je tačnost detekcije za običnu sortu paradajza 94,5% pri stvarno pozitivnoj stopi od 72,5%.



Slika 2. Koncept mapa virtuelnog digitalnog blizanca Tomato crops

U vizualizaciji, kombinujemo teoriju L-sistema i digitalizovane podatke o teksturi organa paradajza da bismo napravili realistične 3D virtuelne modele biljaka paradajza koji su sposobni da prikazuju različite strukture i poze u realnom vremenu. Konkretno, takođe simuliramo proces rasta na virtuelnim biljkama paradajza vršeći kontrolu na dva L-sistema preko parametara koji se tiču starosti i oblika bočnih grana. Primjenom ove inovacije moge se pružiti korisne vizualne naznake za poboljšanje inteligentnih sistema kontrole staklenika, a u međuvremenu može olakšati istraživanje umjetnih organizama. Takođe, ne samo da može da generiše statične virtuelne biljke paradajza, već može i simulirati rast i razvoj biljaka paradajza vršeći kontrolu parametara koji se tiču starosti i oblika bočnih grana.

Takođe, u savremenoj proizvodnji paradajza imamo primjer "Virtualni usevi paradajza (VTC) koji ima za cilj razvoj simulacionog modela koji predviđa rast biljaka paradajza u 3D. Model simulira prinos usjeva, unos CO_2 i korištenje hranljivih materija, energije i vode, kao i profita i uticaja na životnu sredinu. Simulacije se zasnivaju na mjerenjima biljaka paradajza u realnom vremenu i uslova njihovog uzgoja. Na osnovu predviđanja modela, strategija upravljanja usevima se može prilagoditi i mogu se identifikovati poboljšane osobine biljaka. Krajnji cilj ovog digitalnog blizanca je povećanje efikasnosti korištenja resursa staklenika paradajz sistemi, što dalje rezultira manjom ovisnošću o vanjskim energetskim inputima smanjenje emisije CO_2 i optimizacija korištenja vode i fertigacije. Ovo će smanjiti troškove i oslanjanje na inpute, čineći uzgoj paradajza isplativijim. VTC će raditi na proizvodnji plasteničkih paradajza i sa minimalnim resursima kao potražnja vođena preferencijama potrošača, i tako će ostvariti izvodljiv uzgoj i proizvodnog sistema. VTC je prvi korak ka ovom ambicioznom cilju. Pristup Jezgro VTC-a je zasnovano na konceptima funkcionalno-strukturnog postrojenja (FSP) modeliranje, koje simulira pojedinačne biljke i njihovo funkcioniranje (kao što je list fotosinteza) kao i njihov 3D arhitektonski razvoj. Ključno svojstvo FSP modeli su da se rast i razvoj biljaka vraćaju na resurse podstičući taj rast, u smislu povećanog zasjenjenja i iscrpljivanja hranjivih tvari i vode.

INOVACIJE U POLJOPRIVREDNOJ MEHANIZACIJI

Inovacije koje se tiču poljoprivredne mehanizacije ogledaju se u mapiranju zemljišta, satelitskim snimcima i pravljenju aplikacija, pomoću kojih poljoprivrednici u svakom trenutku mogu imati tačnu sliku dešavanja na svojim poljima. Ovime se može pratiti stanje zemljišta u cilju određivanja najpogodnijeg trenutka za izvođenje poljoprivrednih radova. Kao i stanje usjeva, zahvaljujući kojem se može vidjeti da li je usjevima potrebna voda ili prihrana, da li se javljaju problemi sa korovima ili insektima, kao i da li su usjevi spremni za berbu.

Može se doneti zaključak o visokom nivou tehnološkog napretka kod poljoprivrednih traktora zahvaljujući primeni mehatroničkih sistema, što je opšti trend u celokupnoj savremenoj poljoprivredi kao i mnogim drugim područjima ljudske delatnosti (Stojić B. i sar., 2010). Optimalna integracija elektronskih, hidrauličnih i mehaničkih komponenata omogućava egzaktnije upravljanje procesima, što je osnova za prednosti. Kao osnovne karakteristike trendova budućeg razvoja može se predvidjeti pre svega dalji razvoj senzorike i inteligentnih sistema za prikupljanje podataka, kao što je obrada slike, akvizicija podataka o elektroprovodljivosti ili vlažnosti zemljišta i njihova upotreba za on-line identifikaciju vitalnih parametara, identifikacija karakteristika samih biljaka i plodova itd. Ovakav razvoj je u funkciji precizne poljoprivrede, s obzirom na mogućnost prilagođavanja procesa rada lokalnim specifičnostima, korišćenja prikupljenih podataka u funkciji dokumentovanja sprovođenja

postupaka obezbeđivanja kvaliteta itd. Takođe, trendovi ukazuju na težnje u pravcu dalje automatizacije rada, smanjenje uloge rukovaoca, sve do izraženih tendencija za uvođenjem autonomnih robotizovanih vozila u poljoprivrednu proizvodnju.

Inovacije u svjetu traktora kreću se u smeru korišćenja pametnih tehnologija pomoću kojih dobijamo traktore kojima možete upravljati pomoću mobilnih telefona, u cilju automatizacije poljoprivrednih procesa. Ovakvi traktori na sebi imaju senzore koji im pomažu da se snalaze u prostoru, te tako procenjuju trajanje radova i količinu potrebnih sredstava (goriva, sjemena, đubriva). A zahvaljujući razvoju ovih senzora, tehnologija danas ide i korak dalje, pa noviji traktori imaju i mogućnost da "zapamte" parcelu te tako sami optimizuju procese tokom rada.

U cilju smanjenja korišćenja poljoprivredne mehanizacije, te tako manje upotrebe goriva i emisije štetnih gasova, inovacije u poljoprivredi usmjerene su ka dizajniranju kombinovane priključne mehanizacije, zahvaljujući kojoj se u jednom prohodu traktorom može obavljati više različitih operacija, poput sjetvospremiranja, sjetve i prihrane usjeva.

Još jedno važno polje na kojem se neprestano radi je i automatizacija berbe, gde se umesto ljudske snage za berbu koriste roboti (sl.3.). Ovi roboti imaju "ruke" koje beru plodove i ubacuju ih u gajbice, a zahvaljujući pametnim tehnologijama, roboti imaju mogućnost da prepoznaju zrele od zelenih plodova. Dok se dalji razvoj ovih tehnologija usmjerava ka tome da se integrišu i senzori koji će moći da selektuju zdrave od zaraženih plodova.

Slika 3. Robot za berbu

DRONOVI I BESPILOTNE LETJELICE

Dronovi se koriste upravo u cilju mapiranja zemljišta (sl. 4.). Proizvođačima u svakom trenutku mogu da daju jasnu sliku o stanju usjeva na celoj parceli i tako smanje uloženo vreme i troškove, jer se tretiranja mogu sprovoditi samo na dijelovima parcela koje su pogođene. Trenutne inovacije usmjerene su ka razvoju senzora koji će moći jasno da prepoznaju insekte i korovske vrste koje parazitiraju gajene biljke.

Slika 4. Dron

Bespilotne letjelice se čak dizajniraju tako da imaju rezervoare i da se pomoću njih može folijarno tretirati samo određeni deo parcele koji se prepozna kao pogodan za tretiranje.

KONCEPT INTEGRALNE POLJOPRIVREDE

Jedan od vidova savremenih inovacija u poljoprivredi je integralna poljoprivreda. Od samog početka upotrebe mineralnih đubriva i pesticida, količine koje se koriste iz godine u godinu rastu. Tako smo danas svedoci sve većih rezidua pesticida u hrani koju jedemo. Dok istovremeno zemlja i podzemne vode ostaju zatrovane. Zato se rodio koncept integralne poljoprivrede, koja traži alternativne procese i alate koji obezbeđuju istu ili veću količinu poljoprivrednih dobara uz manju upotrebu vještački sintetisanih supstanci. Neke od glavnih karakteristika integralne poljoprivrede su te da koriste biološka đubriva i pesticidi koji su odlična prihrana i zaštita biljaka, dok su istovremeno ekološki prihvatljivi i ne štete životnoj sredini. Takođe u cilju borbe protiv štetnih insekata koriste se korisni insekti, koji parazitiraju štetne insekte, kao i insekatske klopke (sl. 5.) i tako se značajno redukuje količina upotrebljenih insekticida.

Slika 5. Insekatske klopke

NAVOĐENJE POLJOPRIVREDNE MEHANIZACIJE UZ POMOĆ GPS TEHNOLOGIJE

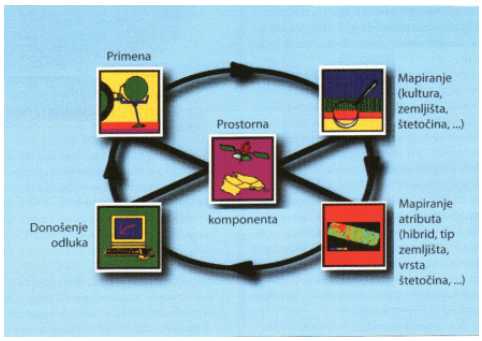
Precizna poljoprivreda je danas termin koji se sve više koristi u poljoprivredi širom svijeta. Uveliko je izašla iz naučnih okvira i našla svoju primjenu u praksi, donoseći profit onima koji su se odvažili da je primjene. Iako se danas termin „precizna poljoprivreda" vezuje za određene nove tehnike koje se koriste u procesu poljoprivredne proizvodnje, ključ precizne poljoprivrede je ipak informacija koja se dobija u toku te proizvodnje. Postoje brojne nove tehnike kojima se ostvaruju principi „precizne poljoprivrede". (Brunet B. 2008)

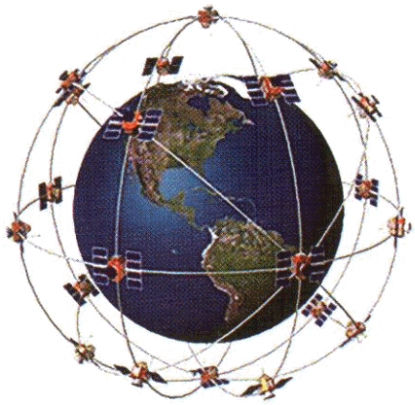
Ovo su samo neke od njih:
1. Uklapanje prohoda - navođenje poljoprivredne mehanizacije uz pomoć GPSa,
2. Tehnologija promenljivih normi,
3. Mapiranje prinosa,
4. Daljinska detekcija,
5. Geo-informacioni system (obrada i analiza podataka).

Precizno uklapanje prohoda danas je najraširenija tehnika u domenu precizne poljoprivrede. U prošlosti su postojala brojna rešenja koja su trebala da reše problem preklapanja redova i/ili oplazina u toku rada mehanizacije. Ubrzanim razvojem novih tehnologija, stvorili su se uslovi da se ovaj problem rješi na ekonomski isplativ način. Bez obzira o kojoj tehnici precizne poljoprivrede se radi, tehnologija koja je nezaobilazna i sastavni je deo svih tehnika naziva se GPS tehnologija.

RAZVOJ I VRSTE GPS

Prvi Globalni Pozicioni Sistem (GPS) počeo je da se razvija od strane američkog ministarstva odbrane 1973. Godine (sl.6.). Godine 1978. lansiran je prvi satelit u probnu orbitu.

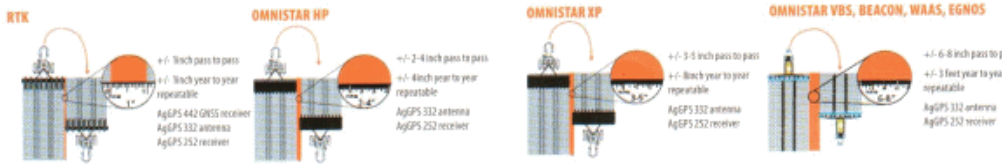




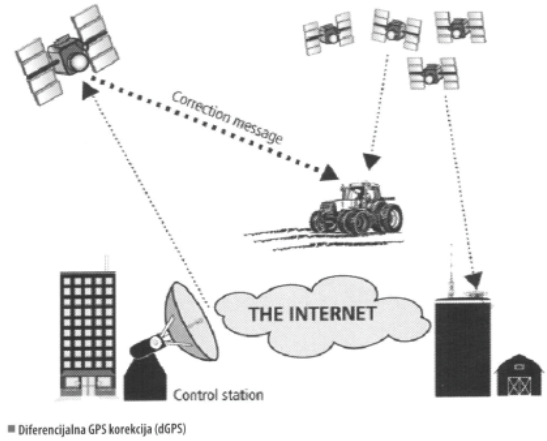
GPS sistem

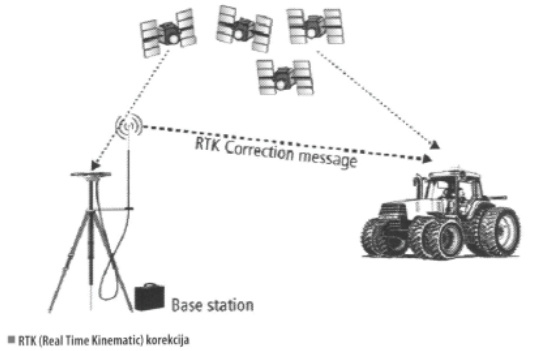
Slika 6. GPS sistem

Danas, pored američkog GPS sistema - NAVSTAR, Evropa razvija sopstveni GPS sistem za pozicioniranje - GALILEO. Rusija takođe nadograđuje i unapređuje svoj sistem - GLONASS. Sve ovo treba da dovede do pouzdanijeg GPS signala i pojeftinjenja GPS prijemnika, što će korisnicima omogućiti pouzdanije i isplativije korišćenje ove tehnologije (sl.7).



Tačnost GPS prijemnika u uklapanju prohoda





Slika 7. GPS u poljoprivredi

Prema tehničkim karakteristikama sistemi za navođenje poljoprivredne mehanizacije uz pomoć GPS-a mogu se podjeliti u dvije grupe:

1. Asistencija prilikom upravljanja pogonskom mašinom (ručno navođenje). U ovom slučaju GPS uređaj pomaže rukovaocu da održi pravac u prohodu. To se postiže različitim indikatorima na GPS uređaju (svetlosna letva, različiti prikazi na ekranu...), dok rukovalac ima potpunu kontrolu nad upravljačem pogonske mašine.

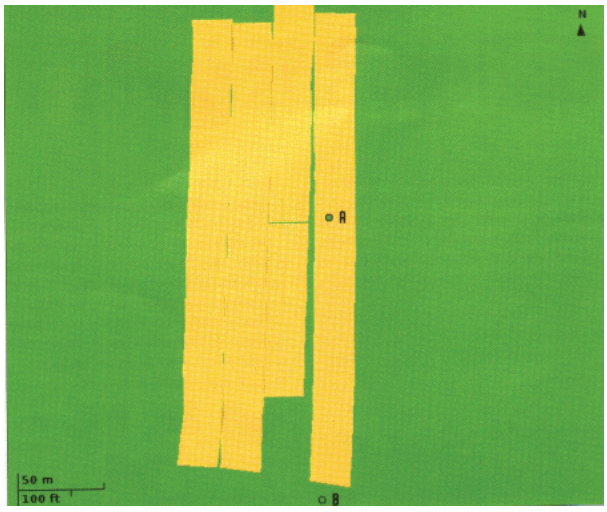
2. Automatsko upravljanje pogonskom mašinom. U ovom slučaju GPS sistem upravljanja se vezuje za upravljački sistem pogonske mašine. U toku prohoda vrši se automatska kontrola u držanju pravca u prohodu od strane GPS sistema. Za to vreme rukovalac može slobodno da se posveti drugim opažanjima, jer kompletno upravljanje pogonskom mašinom preuzima GPS sistem.

EKONOMSKA ISPLATIVOST PRIMJENE GPS

Na ekonomsku isplativost ovakvih sistema utiče mnogo faktora. Pri nabavci opreme oni se moraju detaljno razmotriti. Najvažniji faktori koji utiču na ekonomsku isplativost:

• veličina i oblik obradive površine, njive
• vrsta poljoprivredne proizvodnje (ratarstvo, povrtarstvo...)
• broj i vrsta aplikacija u toku godine
• vrsta i organizacija rada mehanizacije (npr: širina radnog zahvata)
• cena GPS sistema za navođenje (cena uređaja, eventualna cena komercijalnog GPS korekcionog signala). GPS sistemi mogu pružiti „opipljive" uštede u procesu poljoprivredne proizvodnje, što potvrđuju poljoprivrednici.
• smanjenje preklopa i/ili oplazina, a time smanjenje količine/cjene inputa (materijal, gorivo...) za oko 5-15%,
• povećanje brzine kretanja pri radu za oko 15%,
• produženje radnog dana tj. povećanje produktivnosti radne snage i poljoprivredne mehanizacije,
• mogućnost rada noću i pri smanjenoj vidljivosti, sa istom tačnošću kao i pri danu (posebno značajno za pojedine operacije, npr. prskanje),
• manji zamor rukovaoca,
• korišćenje markiranata je nepotrebno,
• kod automatskog upravljanja, rukovalac je fokusiran na rad priključne mašine.

Kod automatizovanih GPS sistema, mnogi proizvođači ukazuju na smanjenje sabijanja zemljišta poljoprivrednom mehanizacijom (sl.8.). Kod automatskih sistema može se dobiti tačnost +/- 2 cm, ponovljiva iz godine u godinu. Sa obzirom na ovu osobinu, sve mašine se mogu podesiti tako da rastojanje između točkova bude uvek isto. Na ovaj način svi prohodi se odvijaju uvek na istom mjestu na parceli, čime se smanjuje sabijanje zemljišta.



Slika 8. GPS mehanizaciji

ZAKLJUČAK

Sve ove inovacije u poljoprivredi imaju za cilj da olakšaju poljoprivrednicima, kao i da povećaju proizvodnju hrane. Dok inovacije u integralnoj poljoprivredi svakako igraju veliku ulogu u očuvanju životne sredine, pijaće vode, kao i obezbeđivanju zdravih životnih staništa za neke neophodne životinjske vrste, kao što su pčele. Bez kojih, svi znamo, nema ni života na Zemlji.

Ovakvi primjeri nas ohrabruju da će precizna poljoprivreda naći svoje mjesto i kod nas, a ne samo u razvijenom svjetu. Ovo pre svega zavisi od edukovanosti i informisanosti naših proizvođača, naročito onih koji obrađuju veće površine. Nesumnjivo je da nove tehnologije koje su ovdje spomenute proširuju marginu u kojoj se ostvaruje profit. Bitno je da svaki proizvođač analizira mogućnost smanjenja postojećih troškova, jer danas se profit ne ostvaruje samo proizvodnjom, nego upravo smanjenjem troškova u toku te proizvodnje.

LITRATURA

1. Poljoprivredna tehnika, Godina XXXV Broj 1, decembar 2010. Strane: 21 - 29 Poljoprivredni fakultet Institut za poljoprivrednu tehniku

2. Mehanotronički sistemi traktora u funkciji savremene poljoprivredne proizvodnje Stojić B., Časnji F., Poznić A. Fakultet tehničkih nauka Novi Sad

3. Navođenje poljoprivredne mehanizacije uz pomoć GPS tehnologije 08.06.2008. Borislav Brunet , Agronomska revija

4. Automatizacija poljoprivrede: Robot "L" i povrće, Milan Živković, 2021

5. Digitalizacija i vizualizacija biljaka paradajza u staklenicima u zatvorenim sredinama by Fakultet elektronike i informatičkog inženjerstva, Univerzitet Tongji, 4800 Cao'an Rd., Zhixin Building, Šangaj 201804, Kina, 2015

6. Projekt digitalnog blizanaca Virtualni usevi paradajza (VTC). Digitalni blizanac „Virtualni usevi paradajza (VTC)" je trogodišnji projekat u okviru. Wageningen University & Research, i jedna od tri investicione teme WUR-a,Strateški plan 2019-2022.

Internet stranice:

1. https:aktuelno.me
2. https:www.mehanizacija.trgomen.com
3. https:m.srla.xirimicemilis.com
4. https:oppress.rs.automatizacija.p
5. https:www.poljoberza.net
6. https:arhiva.nara.ac.rs

Doc. dr Dejan Miljanović[1]
Prof. dr Dragan Vasiljević[2]

Pregledni rad
UDK 007.52:[621.39:004.722

PRIMJENA VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE I MAŠINSKOG UČENJA U BEŽIČNOJ PRISTUPNOJ MREŽI

Sažetak

Ovaj rad predstavlja pregled primjene vještačke inteligencije AI (artificial intelligence) i mašinskog učenja ML (machine learning) za rješavanje problema u domenu bežičnih pristupnih mreža. Prikazane su tehnike koje se koriste sa ciljem da podrže: optimizaciju pokrivenosti, alokaciju resursa, rutiranje saobraćaja, optimizaciju lokacija piko ćelija, kontrolu zagušenja mreže, oblikovanje dijagrama zračenja antena, klasifikacija paketa. Prvo se sumiraju principi tri tehnike mašinskog učenja a onda se predstavljaju detalji u vezi sa korištenjem velikog broja podataka i algoritama za mašinsko učenje sa navedenim ciljevima.

Ključne riječi: vještačka inteligencija, mašinsko učenje, bežična pristupna mreža

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN WIRELESS ACCESS NETWORK

Summary

This paper provides an overview of the application of artificial intelligence AI (artificial intelligence) and machine learning ML (machine learning) for solving problems in the domain of wireless access networks. Techniques used to support: coverage optimization, resource allocation, traffic routing, pico cell location optimization, network congestion control, antenna radiation pattern design, and packet classification are presented. First, the principles of the thre e
machine learning techniques are summarized, and then the details regarding the use of large amounts of data and machine learning algorithms with the stated goals are presented.

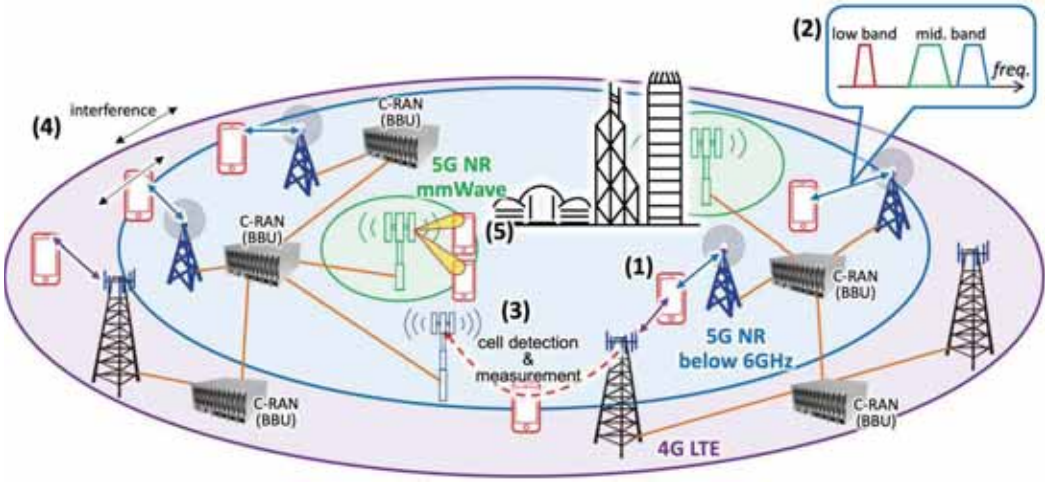
Keywords: artificial intelligence, machine learning, wireless access network

UVOD

Mreže u širem smislu, uključujući Internet i mobilne bežične mreže čine okosnicu današnjeg modernog života. Mreže svakodnevno postaju još više dinamične, heterogene i kompleksne (slika 1) [1]. Kao takve one postaju i problem za manuelno upravljanje. U mrežema najnovije generacije se očekuje da obezbjedi veliki broj servisa koji će biti širokopojasni bežični, velike pouzdanosti, malog kašnjenja, sigurne kako za komunikaciju između ljudi tako i za komunikaciju između mašina. Pred svakim mrežnim operatorom je ogroman izazov da efikasno upravlja mrežom koja će da omogući sve navedeno. Operatori imaju veliki izazov

[1] Evropski Univerzitet Brčko

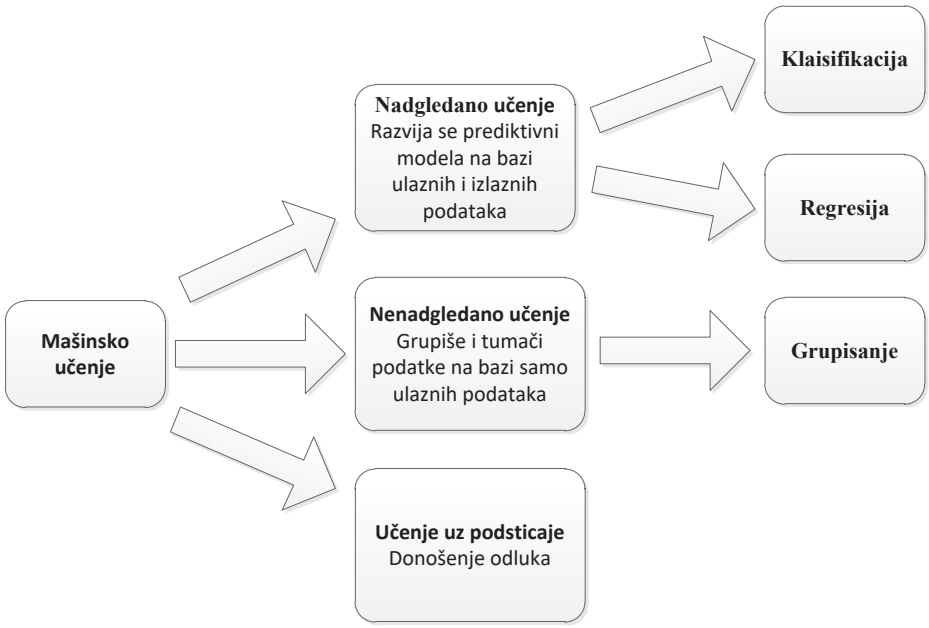
kako da odgovore na potrebe povećanja zone pokrivenosti teritorije a istovremeno izaći u susret korisnicima koji imaju zahtjev za sve većim kapacitetima odnosno brzinama. Količina saobraćaja koja se prenosi mrežama se eksponencijalno povećala u posljednjim dekadama. Od ukupnog saobraćaja, oko 70% je prenos videa što je rezultat e-učenja, e-trgovine, online sastanaka, platformi za razmjenu videa, društvenih mreža i slično. Kapaciteti backbone linkova su povećani sa reda nekoliko 100 Gb/s na nekoliko Tb/s. Kao rezultat svega ovoga, moguće je prikupiti i analizirati ogormne količine metapodataka kako bi se iskoristile za više aspekata funkcionisanja mreže kao što su upravljanje, raspodjela resursa, kvalitet korisničkog iskustva QoE (quality of experience), kvalitet servisa QoS (quality of service) i slično. Mrežni operateri upravljaju i optimizuju svoje mreže cijelo vrijeme korištenja mreže. Danas je još uvijek preovladavajući način optimizacije da se optimizuje nezavisno jedan ključni pokazatelj performansi KPI (key performance indicator) ili nezavisno element u mreži pri čemu se koristi mali broj izvora podataka. Već danas smo svjedoci nedostataka ljudi kao mrežnih administratora da nadgledaju i upravljaju svakim djelićem mreže pri čemu se može očekivati samo eskalacija problema kako mreže budu još veće i kompleksnije. Upravljanje i optimizacija mrežama može biti manje manuelna ako iskoristimo mogućnosti iz polja umjetne inteligencije AI i mašinskog učenja ML [2]-[4]. Takve tehnike AI i ML su već pozitivno doprinjele nekim poljima kao što su između ostalog: obrada slike, kompjuterski vid, prepoznavanje govora, obrada prirodnih jezika, robotika, medicina, e-trgovina, autonomna vožnja, sigurnost, finansije i transport. Pokušaji primjene AI i ML na polje mreža datira još u rane 2000-te godine. Cilj ovog rada je da pokaže važan napredak u korištenju AI i ML za raznovrsne zadatke u oblasti bežičnih pristupnih mreža.



Slika 1: Kompleksnost bežične pristupne mreže. Bežični terminal (1), korišteni spektar (2), handover (3), interferencija (4), formiranje dijagrama zračenja (5).

ALGORITIMI ZA MAŠINSKO UČENJE

Algoritmi mašinskog učenja se klasifikuju u jednu od tri kategorije: nadgledano (supervised), nenadgledano (unsupervised) i učenje uz podsticaje (reinforced learning) [5]-[6].



Slika 2: Algoritmi za mašinsko učenje

Nadgledano učenje:

Ulazni podaci za algoritam nadgledanog mašinskog učenja je uobičajeno skup *m* uzoraka, pri čemu svaki uzorak posjeduje skup karakterističnih vrijednosti $\mathrm{x} = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$. Osim toga, imamo i izlaznu promjenjivu koja $\mathrm{y} = f(x_1, x_2, ..., x_n)$ zavisi od vrijednosti x_i pri čemu je funkcija *f* nepoznata. Stoga, za svaki uzorak *i* su vrijednosti ulazne promjenjive $x^{(i)}$ i izlazne promjenjive $y^{(i)}$ poznate. Vrijednost $y^{(i)}$ se nekada označava kao labela tj. nominalna vrijednost. Ako su date vrijednosti m uzoraka $\{(x^{(i)}, y^{(i)})\}$, cilj algoritma mašinskog učenja je da aproksimira funkciju f koristeći hipotezu $h(x)$. Nakon toga, sa novom ulaznom vrijednošću *x* odgovarajuća procjenjena vrijednost *y* se može dobiti koristeći $h(x)$. Ako je *y* kontinualna realna promjenjiva onda je riječ je o regresiji.

Kao primjer uzmimo grupu rutera u jednoj ISP (Internet service provider) mreži. Svaki ruter periodično, reda svakog sata, centralnom sistemu šalje podatak o broju paketa, broju bajtova, dužini reda čekanja kao i kašnjenje paketa za određeni odlazni interfejs. Ove vrijednosti predstavljaju skup x. Algoritam mašinskog učenja na centralnom sistemu može na račun prikupljenih podataka tokom nekoliko mjeseci predvidjeti prosječno vrijeme kašnjenja paketa za datu novu vrijednost x.
Ako promjenjiva y uzima diskretne vrijednosti, onda je u pitanju problem klasifikacije. Primjer može biti backbone ruter koji mjeri broj paketa, vrijeme pristizanja između paketa i broj bajtova koji se procesiraju za svaki tok podataka. Pretpostavimo da su ovi tokovi npr. email, ftp, http i slični protokoli. Ako je dat skup tokova sa nominalnim vrijednostima, algoritam mašinskog učenja može da se koristi za klasifikaciju nekog novog toka za koju se prikupe nove

karakteristične vrijednosti. Ova nova klasifikacija se onda može koristiti za odluku o primjeni odgovarajućeg načina prosleđivanja, baferisanja i čekanja na različite tokove podataka.

Nenadgledano učenje:

Ulazni podaci za algoritam nenadgledanog mašinskog učenja je, kao i kod nadgledanog mašinskog učenja, skup *m* uzoraka, pri čemu svaki uzorak posjeduje skup karakterističnih vrijednosti $x = \{x_1, x_2, ..., x_n\}$. Međutim u ovom slučaju nemamo izlaznu promjenjivu ili nominalnu vrijednost za uzorak. Algoritam učenja treba da nauči strukturu podataka razumjevajući međusobni odnos različitih karakterističnih vrijednosti. Uobičajeni zadaci gdje se koristi ova metoda su grupisanje, smanjenje dimenzija, smanjenje gustine. Grupisanjem ovaj algoritam pokušava da grupiše ili podijeli različite uzorke podataka u različite grupe, na bazi sličnosti izmjerene između uzoraka. Broj grupa nije unaprijed poznat ali se može precizirati.
Za primjer se može uzeti sistem za detekciju neovlaštenih upada u mrežu IDS (intrusion detection system). Ovaj sistem nadgleda saobraćaj koji ulazi u mrežu i vrši detekciju anomalije. U ovom slučaju mašinsko učenje mora da nauči šta je to normalan saobraćaj a šta je anomalija. Npr. anomalija može biti značajno odstupanje od uobičajenog rada kada se značajno poveća količina saobraćaja kroz mrežu. Ovo može biti okidač da je u pitanju napad na mrežu. U slučaju nenadgledanog učenja nije moguće okarakterisati mrežni saobraćaj unaprijed već algoritmi mašinskog učenja mora da nauči kako da uoči abnormalno ponašanje.

Učenje uz podsticaje:

Učenje uz podsticaje RL (reinforcement learning) je tehnika donošenja odluka bazirana na izvršavanju niza akcija korištenjem agenta koji je u interakciji sa okolinom. Ponašanje sistema je prikazano kao niz koraka. U svakom koraku, agent preduzima akciju (*a*) na osnovu trenutnog stanja (*s*) sistema iz skupa mogućih radnji u tom stanju. Strategija koju agent koristi pri određivanju akcije u datom stanju naziva se politika. Ovo radnja dovodi do promjene stanja sistema u novo stanje (s'). Postoji nagrada (ili kazna) povezana sa radnjom *a* koju sistem preduzima u datom stanju. Model sistema se ažurira na osnovu preduzetih radnji i odgovarajuće nagrade, na svakom koraku. Opšti cilj sistema je da se maksimizira akumulirana nagrada u određenom vremenskom periodu kako bi se postigao određeni cilj. Ova tehnika se može smatrati tehnikom postupka i greške (trial and error), gdje agent kombinuje istraživanje (exploration) (isprobavanje novih radnji koje nisu pokušane ranije) i eksploatacije (exploitation) (odabir radnji na osnovu svojih ranijih iskustava).
RL je uspješno primjenjen u nekoliko oblasti kao što su robotika, autonomna vožnja, inteligentno igranje igara (šah, go, itd.) i upravljanje resursima u mrežama i u cloud sistemima. Jedan od glavnih nedostataka RL-a je skalabilnost, što ga čini neprikladnim za veoma složene sisteme, gde se algoritam susreće sa problemom velikog kombinatornog prostora usljed velikog broja mogućih stanja i radnji.

PRIMJENA VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE I MAŠINSKOG UČENJA

Optimizacija pokrivenosti i kapaciteta bežične pristupne mreže koristeći velike količine podataka:

Uobičajene mrežne arhitekture ne mogu lako da identifikuju sve faktore koje mogu uticati na kvalitet usluge. Mobilni operateri trebaju rješenja koja imaju mogućnost analize svih informacija koje se odnose na mrežu i na pretplatnika a koja može pomoći da mreža funkcioniše u skladu sa očekivanjima. Mreža operateri su u pogodnoj poziciji da iskoriste analitiku velike količine podataka upravo zbog njihovog pristupa istim [7], [8]. Uređaj ili agent za analizu velike količine podataka može predvidjeti neke stvari sledeći analitiku na osnovu prikupljenih podataka iz dva izvora, i to podataka o mreži i podataka o pretplatniku koji se onda koriste za projektovanje i optimizaciju mreže.

Strategija alokacije resursa:

Napredna alokacija resursa je veoma važna za poboljšanje iskorištenja spektra i efikasnost korišćenja energije komunikacionih sistema. I u ovom slučaju je veoma korisno korištenje predviđanja zasnovanog na analitici velike količina podataka [9]. Uz pomoć obrasca kretanja korisnika i profila saobraćaja korisnika, mrežni operater može približno odrediti korišćenje resursa po ćeliji ili po korisniku u mreži. Na osnovu obrasca kretanja korisnika i profila saobraćaja korisnika željeni sadržaji koje korisnik uobičajeno koristi se mogu predvidjeti čak i pre nego što pojedinačni korisnici zahtijevaju uslugu. Kao rezultat toga, uz pomoć analize velikih količina podataka, operateri mogu predvidjeti čak i promjene u zahtjevima korisnika usluga i na taj način mogu upravljati i optimizovati alokacija resursa u realnom vremenu.

Rutiranje saobraćaja usmjereno na pretplatnike:

Jedan od najvažnijih zahtjeva koji mrežni operater treba da ispuni je pružanje najboljeg kvaliteta korisničkog iskustva QoE (quality of experience). Kašnjenje usluge, varijacija kašnjenja, gubici paketa veoma ozbiljno utiču na QoE korisnika mobilnih uređaja. Rješenja na bazi informacija dobijenih iz prikupljenih podataka mogu da isporuče saobraćaj različitim korisnicima u zavisnosti od njihovog profila pretplate, vrste korištenih aplikacija i sklonosti. Ponovo, korištenje poznatih obrazaca kretanja i profila saobraćaja korisnika može pomoći operateru da proračuna efikasan protokol rutiranja uzimajući u obzir opterećenje mreže, ugovor o nivou usluge SLA (service level agreement) i odgovarajuću cijenu koštanja. U zavisnosti od preferencija korisnika i trenutno pokrenute aplikacije, sistem može unaprijed keširati sadržaj koji pretplatnik traži i dodatno koristit rutu od korisnika koja je bliža lokalnom serveru na kome je keširan sadržaj.

Optimizacija lokacija piko ćelija:

Lokacija postavljanja malih piko ćelija ima ogromnu ulogu u konačnom kapacitetu moderne bežične mreže. Ispravno postavljanje malih ćelija je ključno u oblastima gde se pretplatnici koncentrišu, pri čemu treba voditi računa o pokrivenosti, interferenciji i zagušenju. Postavljanje malih ćelija na najboljim lokacijama je složen problem jer je broj malih ćelija je mnogo veći u odnosu na tradicionalne makro ćelije. Samim tim tradicionalni alat za planiranje makro ćelija neće dati dobre rezultate. Međutim, rješenje zasnovano na analizi prikupljenih podataka o

gustini korisnika i saobraćaja i obrađenim uz pomoć mašinskog učenja može da efikasno pomogne rješavanje problema postavljanja piko ćelija. Rješenja zasnovana na umjetnoj inteligenciji i mašinskom učenju može da odredi optimizovanu lokaciju postavljanja piko ćelija kako bi se poboljšao kapacitet mreže, minimizirale smetnje i rasteretila mreža.

Kontrola zagušenja bežične pristupne mreže:

Ograničeni mrežni resursi i stalni rastući zahtjevi za većim protocima dovode do zagušenja bežične pristupne mreže, što degradira QoE. Proširenje kapaciteta mreže jeste moguće rješenje ali je skupo i kompleksno. Drugi način rješavanja ovog problema je uvođenje proaktivnog mehanizma kontrole sa ciljem sprečavanje zagušenja. Zagušenja su obično kratkog trajanja koja se najčešće javljaju u vrijeme gužve i na predvidivim opterećenim lokacijama. Uz pomoć prediktivne analize na bazi podataka o kretanju korisnika, profila saobraćaja korisnika i lokacije radio ćelija moguće je predvidjeti i proaktivno djelovati te onemogućiti pojavu zagušenja. Kontrolisanje zagušenja može se uraditi na mnogo načina, na primjer, smanjenjem QoS za pretplatnike koji pripadaju najnižem nivou SLA, odbijanje uspostavljanja novih sesije nižeg prioriteta, prekid određenih sesija i slično.

Napredno oblikovanje dijagrama zračenja (beamforming):

Oblikovanje dijagrama zračenja antena je sastavni dio komunikacionih sistema sledeće generacije koji za cilj imaju poboljšanje pokrivenosti i brzine prenosa podataka [10]. Bazna stanica sa više antena može da generiše više dijagrama zračenja istovremeno. U slučaju statičkih dijagrama zračenja antena, kvalitet koji pruža antena koja trenutno pokriva korisnika može da degradira. U tom slučaju korisnik mora da se konektuje na drugi sektor iste bazne stanice ili na drugu baznu stanicu. Upotreba mašinskog učenja može da pomogne da bazna stanica koja servisira korisnika dinamički izabere najbolji dijagram zračenja za korisnika. Na isti način je moguće dinamičko uključivanje/isključivanje zračenja antena zbog uštede energije i minimiziranje smetnji. Elektronsko upravljanje dijagramom zračenja antena zajedno sa analitikom prikupljenih podataka može pomoći u dinamičkom preusmjeravanje saobraćaja, pristupu susjednoj ćeliji, poboljšanju pokrivenosti upravljanja tamo gde je potrebno na primjer, saobraćaj u špicu, lokaciji javnih događaja, itd.

Klasifikacija paketa u ruterima:

Klasifikacija paketa je jedan od osnovnih zadataka koje obavlja ruter a koristi se za upravljanje saobraćajem, obezbjeđivanje kvaliteta servisa, pomaže u otkrivanju napada itd. Svaki ruter ima skup pravila koja se primenjuju na svakom dolaznom paketu kako bi ga ruter klasifikovao. Ovaj zadatak se tradicionalno obavlja ili korišćenjem brzog specijalizovanog hardvera koja se zove ternarna kontekstno adresabilna memorija TCAM (Temporary Content-Addressable Memory) ili korišćenjem softvera. TCAM memorije mogu da izvrše sve pravila istovremeno i dati rezultate u trajanju jednog takta. Međutim, TCAM memorije su složene, imaju visoku cijenu i potrošnju energije a imaju poteškoće sa skaliranjem za veliki broj primjenjenih pravila i za velike tabele. Softverski pristupi su nasuprot tome skalabilni, ali zahtijevaju duže vrijeme u poređenju sa hardverskim pristupom.
I za rješavanje ovog problema klasifikacije mogu se primjeniti tehnike mašinskog učenja.
Npr jedno rješenje [11] predlaže klasifikacioni algoritam zasnovan na učenju dubokom učenju uz podsticaje (deep reinforcement learning). Na osnovu skupa pravila i ciljne funkcije (tj. vreme klasifikacije, neophodna memorija ili oboje), ovaj algoritam uči da gradi optimalno drvo

odlučivanja. Kao svaki algoritam učenja uz podsticaje, ovaj pristup koristi skup pravila i trenutno stablo odlučivanja kao okruženje. Ovaj pristup dijeli čvor na osnovu neke promjenjive (npr SrcIP, DstIP, SrcPort, DstPort i Protocol) na više podopsega, stvarajući mnogo podređenih čvorova. Agent počinje sa početnim stanjem, tj. jednim čvorom. Na svakom koraku, agent izvršava niz akcija, procjenjuje efekat, ponavlja proces i ažurira ga na osnovu dobijenih nagrada. Na osnovu niza akcija okruženje menja stanje i proces se ponavlja. Ovakav pristup korištenja mašinskog učenja konvergira do optimalnog rešenja u roku od samo nekoliko stotina prolaza kroz algoritam [12].

ZAKLJUČAK

U radu je prikazan pregled primjene umjetne inteligencije i mašinskog učenja u domenu bežičnih pristupnih mreža. Uprkos već velikoj primjeni i velikom uspjehu mašinskog učenja, postoji ograničena količina literature koja obrađuje primjenu u oblast koja je predmet ovog rada.

Rad je napisan da pruži uvid u dosadašnja postignuća i uoči napredak u primjeni vještačke inteligencije na ovom polju. Predstavljeni su glavni motivi za primjenu umjetne inteligencije i mašinskog učenja kao i benefiti koji se postižu.

LITERATURA

[1] https://www.innovationhub.hk/article/base-station-for-heterogeneous-network

[2] S. Russell and P. Norvig, Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th ed. Pearson, 2019.

[3] J. Bughin, E. Hazan, S. Ramaswamy, M. Chui, T. Allas, P. Dahlstrom, N. Henke, and M. Trench, “Artificial intelligence: the next digital frontier?” https://apo.org.au/node/210501, McKinsey Global Institute, Tech. Rep., Jun. 2017.

[4] T. H. Davenport and R. Ronanki, “Artificial Intelligence for the RealWorld,” Harvard Business Review, vol. 1, pp. 1–10, Jan.-Feb. 2018.

[5] Y. Sun, A. K. C. Wong, and M. S. Kamel, “Classification OF Imbalanced Data: A Review,” International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, vol. 23, no. 04, pp. 687–719, 2009.

[6] V. Francois-Lavet, P. Henderson, R. Islam, M. G. Bellemare, and J. Pineau, “An Introduction to Deep Reinforcement Learning,” Foundations and Trends in Machine Learning, vol. 11, no. 3-4, pp. 219–354, Dec. 2018.

[7] T. O'Shea, and J. Hoydis. (2017). ``An introduction to deep learning for the physical layer." [Online]. Available: https://arxiv.org/abs/1702.00832

[8] C.-l. I, Q. Sun, Z. Liu, S. Zhang, and S. Han, ``The big-data-driven intelligent wireless network: Architecture, use cases, solutions, and future trends," IEEE Veh. Technol. Mag., vol. 12, no. 4, pp. 20_29, Dec. 2017.

[9] Q. Lijun, Z. Jinkang, and S. Zhang, ``Survey of wireless big data," J. Commun. Inf. Netw., vol. 2, no. 1, pp. 1_18, 2017.

[10] E. J. Black et al., ``Methods and systems for communication with beamforming antennas," U.S. Patent 0 373 181 A1, Dec. 2016.

[11] E. Liang, H. Zhu, X. Jin, and I. Stoica, “Neural packet classification,” in Proc.of ACM SIGCOMM, 2019, p. 256–269.

[12] D. E. Taylor and J. S. Turner, “Classbench: A packet classification benchmark,” IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 15, no. 3, pp. 499–511, 2007.

Doc.dr.sc. Dario Galić, prof.[1]
Doc.dr.sc. Anita Katić, prof.[2]

Pregledni rad
UDK 551.583:502.131.1

KLIMATSKE PROMJENE

Sažetak
U radu će biti prikazane klimatske promjene od prapovijesti zemljinog nastanka, preko pisane povijesti klimatskih katastrofa do današnjih dana. Biti će prikazani i drugi važniji prirodni faktori utjecaja na klimu poput sunca, vulkana, zemljinog kretanja. Prikazati će se i pojedini poznati povijesni primjeri posljedica klimatskih promjena na izumrle civilizacije. Opisati će se poznate milankovićeve cikluse kretanja zemlje kao jedan od važnijih i snažnijih ali kontraverznijih utjecaja na klimu. Prikazati će se i utjecaj „stakleničkih plinova“ kao jedinog možebitnog stvarnog čovjekovog utjecaja te kako i zašto do njega dolazi.
Ključne riječi: klimatske promjene, povijest, faktori

Summary
The paper will present climate changes from the prehistory of the earth's creation, through the written history of climate disasters to the present day. Other important natural factors influencing the climate, such as the sun, volcanoes, and the movement of the earth, will also be presented. Some well-known historical examples of the consequences of climate change on extinct civilizations will also be presented. The famous milanković earth movement cycles will be described as one of the more important and powerful but controversial influences on the climate. The impact of "greenhouse gases" as the only possible real human impact and how and why it occurs will be presented.

Pretpovijest klimatskih promjena

Klima na Zemlji se mijenjala kako se razvijao planet. Prije svega zbog postepenog malog odmicanja planeta od Sunca. Zemlja je nekada bila bliže, a odmiče se polako u spirali zbog vrtnje oko Sunca. (1),(2) Klima se mijenjala i razvojem atmosfere koja je utjecala na propuštanje Sunčevog svjetla i zračenja na površinu Zemlje i djeluje kao zaštitni sloj. (3)
Mjesec ima velik utjecaj na klimu. Već i samim svojim postojanjem jer bez Mjeseca bi bile manje razlike plime i oseke, ali bi zato bio veći otklon precesije. Zbog većeg otklona precesije bili bi puno veći poremećaji morskih struja i vjetrova kao i puno veća razlika u trajanju osvijetljenosti površine Zemlje. (4)
Mjesec je nekada bio puno bliže i dan je bio puno kraći zbog veće brzine rotacije Zemlje oko njezine osi. Danas je srednja udaljenost oko 384 000km i dan traje približno 24 sata. Mjesec služi kao usporivač rotacije Zemlje i na taj način produžuje zemaljski dan. (1),(4) Zbog dužeg dana, dulje traje period zagrijavanja i hlađenja površine planeta i atmosfere. Osim toga, Mjesec djeluje kao štit protiv manjih lebdećih objekata iz svemira jer ih privlači svojom masom i na taj način sprječava dio kataklizmi.
Bez Mjeseca ne bi bilo pomrčine, noći bi bile puno mračnije jer ne bi bilo odsjaja s površine Mjeseca. Razlika plima i oseka bi bila puno manja. Dan bi trajao šest do osam sati pa bi i

[1] dgalic@fdmz.hr Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo Osijek
[2] akatic@ferit.hr Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek

periodi zagrijavanja i hlađena bili kraći, a zbog toga bi i temperaturne razlike bile manje. Kut Zemljine vrtnje oko vlastite osi bi jako varirao, a zbog toga i godišnja doba. (5)

"Snowball Earth" (Snježna lopta) je hipoteza (u geologiji i klimatologiji) koju je kao objašnjenje prvi predložio američki geobiolog J.L. Kirschvink, sugerirajući da su Zemljini oceani i kopnene površine bile prekrivene debelim slojem leda od polova do ekvatora tijekom najmanje dva ekstremna hlađenja između 2,4 milijarde i 580 milijuna godina prije. Dokazi za ovu hipotezu nalaze se u starim stijenama koje su sačuvale znakove Zemljinog drevnog magnetskog polja. Mjerenja ovih stijena pokazuju da su stijene za koje se zna da su povezane s prisutnošću leda nastale u blizini ekvatora. Osim toga, postoji 45 metara debeo sloj manganove rude u pustinji Kalahari, čija starost odgovara kraju razdoblja "Snowball Earth" od 2,4 milijarde godina. Smatra se da je njegovo taloženje uzrokovano brzim i ogromnim promjenama globalne klime kako se led topio širom svijeta. Pretpostavka je da je do zagrijavanja „snježne lopte“ došlo zbog vulkanske aktivnosti koja je za posljedicu imala ispuštanje ogromnih količina stakleničkih plinova. (6)

U karbonskom periodu, prije 400 do 290 milijuna godina, kada su se biljke čvrsto ustalite i raširile po kopnu, dogodio se rast razine kisika u atmosferi. U početku tog perioda, prije 400 milijuna godina, razina kisika je bila otprilike kao i danas, oko 20% udjela atmosfere. U periodu sljedećih 50 milijuna godina razina kisika počinje značajno rasti do razine oko čak 35% udjela u atmosferi. To se ponajviše dogodilo zbog ogromne emisije kisika biljaka na kopnu, ali i morskih organizama koji su stvorili prvu praatmosferu. Dominantne velike biljke tada su bile paprati, preslice, pračetinjače od koji su neke sezale do 40 metara u visinu. Te velike biljke su živjele u velikim močvarama te upijale i u svoja debla taložile ogromne količine ugljikovog dioksida, što je dovelo do pada razine ugljikovog dioksida u atmosferi. To je pak dovelo do pada temperature jer se bez stakleničkih plinova smanjilo zagrijavanje. Još se jedna važna stvar tada događala. Sve to golemo drveće je padalo u močvare i taložilo se u mulju bez prisustva kisika i na taj način je pohranjeni ugljik u deblima kasnije postao nafta, ugljen i zemni plin. (7)

Ledeno doba, koje se naziva i glacijalno doba, je svako geološko razdoblje tijekom kojeg debele ledene ploče prekrivaju golema područja Zemlje. Takva razdoblja glacijacije velikih razmjera mogu trajati nekoliko milijuna godina i drastično preoblikovati površinske značajke cijelih kontinenata. Nekoliko velikih ledenih doba dogodilo se kroz povijest Zemlje. Najnovija razdoblja rasprostranjene glacijacije dogodila su se tijekom pleistocenske epohe (prije 2,6 milijuna do 11 700 godina). (8)
Najstarijih tragova ledenog doba ima iz donjeg algonkija (prije 750 milijuna godina), donjega kambrija (prije 550 milijuna godina), gornjega kambrija (prije 500 milijuna godina) i perma (prije 260 milijuna godina). Posljednja glacijacija bila je u pleistocenu (prije 600 do 700 tisuća godina), s maksimumom posljednjega glacijala prije 50 000 godina. Tijekom posljednjega ledenoga doba u pleistocenu, smjenjivala su se hladna ledena (glacijali) i toplija međuledena doba (interglacijali). U alpskome prostoru utvrđena su 4 glacijala, nazvana po bavarskim rječicama: Günz, Mindel, Riss i Würm. U sjevernoj Europi utvrđena su 4 glacijala: Laba, Elster, Saale i Visla. U Sjevernoj Americi utvrđeno je 5 ledenih doba: Pre-Nebraska, Nebraska, Kansas, Illinoian i Wisconsin. Na prostoru Balkana pronađeni su tragovi pleistocene glacijalcije u Karpatsko-balkanskome luku i Dinarskome gorju (Prokletije, Prenj, Lovćen, Orjen, Sinjajevina, Durmitor, Šara, Jakupica itd.). Prema teoriji M. Milankovića, zahladnjivanje bi bilo posljedica periodičnoga kolebanja nagiba i ekscentričnosti ekliptike Zemlje te rezultat promjena u astronomskoj duljini paralele. (9)

Pri erupciji vulkana, u stratosferu dospijevaju ogromne količine vulkanskog pepela i sumpornog aerosola. Vulkanski pepel izaziva zatamnjenje i smanjenje intenziteta Sunčevog svijetla, ali relativno brzo pada na tlo. Sumporni aerosol odbija Sunčevo zračenje i apsorbira Zemljinu toplinu. Ova dva procesa zajedno hlade troposferu. Ako je opterećenje sumpornim aerosolom dovoljno značajno, može rezultirati klimatskim promjenama na globalnoj razini godinama nakon događaja, uzrokujući propast usjeva, niže temperature i netipične vremenske uvjete diljem planeta. Postoje dokazi da su se vulkanske zime događale nekoliko puta kroz povijest Zemlje, s različitim stupnjevima oštrine. Jedna od težih epizoda vulkanske zime dogodila se prije otprilike 73 000 godina kada je planina Toba, vulkan na otoku Sumatra, izbacila vjerojatno čak 2800 kubičnih kilometara pepela u stratosferu. Dokazi iz ledene jezgre pokazuju da su prosječne temperature zraka diljem svijeta pale za 3-5 °C (5,4-9,0 °F) godinama nakon erupcije. (Neke simulacije modela procjenjuju da je ovaj pad temperature mogao iznositi čak 10 °C [18 °F] na sjevernoj hemisferi u prvoj godini nakon erupcije.) Neki znanstvenici tvrde da je ovaj događaj poslao planet u ozbiljno ledeno doba koji je umalo uzrokovao izumiranje modernih ljudi. (10)

Pisana povijest klimatskih promjena.

Slika 1: Zelena Sahara s nekadašnjim jezerima i megajezerom Čad (14)

U najstarije pisane (crtane) zapise klimatskih promjena sigurno spadaju petroglifi iz saharskih pećina, koji prikazuju tadašnju Saharu bogatu raznim životinjskim i biljnim svijetom. Sahara je u periodu 11000.g.pr.n.e. do 4500.g.pr.n.e. bila prekrivena savanama i puna rijeka i jezera. Sve to se dogodilo samo zato jer se pomakla os rotacije i zbog toga vjerojatno orbita planeta Zemlje. Dezertifikacija Sahare počinje negdje oko 3500.g.pr.n.e. i o tome se mogu naći staroegipatski zapisi iz razdoblja „starog kraljevstva“. (11),(12),(13),(14),(15),(16),(17)

Nije se samo Sahara promijenila iz savane u pustinju. Na sjeveroistoku Afrike nestala je cijela jedna velika rijeka. Nestao je Žuti Nil čiji se izvor po pretpostavkama nalazio u megajezeru Čad. Nestalo je i spomenuto jezero Čad. Rijeka Žuti Nil je utjecala u Nil južno od grada Dongole iznad treće katarakte. Od velike rijeke je ostalo samo suho korito Wadi Howar (Slika 2). Za Žuti Nil znamo jer ga spominju stari egipatski zapisi. Njegov najkasniji spomen je u doba dinastije Ptolomejevića, ali ga već Rimljani ne spominju. (18)

Slika 2: Trasa suhog korita nekada Žutog Nila, danas Wadi Howar

Biblija kao knjiga najstarijih ljudskih sjećanja sadrži modificirani zapis klimatske promjene izazvane erupcijom vulkana na otoku Santoriniju (Thera). Erupcija je nastupila oko 1500.g. pr.n.e. i označila je kraj mnogih brončanih civilizacija, preživjela je samo staroegipatska. (19) Zbog oblaka vulkanskog pepela na sjevernoj hemisferi nastupile su godine suše i pad temperature. Svi užasi su opisani prilagođeno i prikladno vjerskoj potrebi u knjizi o izlasku Izraelaca iz egipatskog ropstva, koje se dogodilo kasnije oko 1300.g. pr.n.e. (20) Vulkanski pepeo iz oblaka je pao u rijeke, zatrovao ih i izazvao pomor riba. Voda je bila zagađena uz manjak kisika. Zato su žabe izlazile iz vode. Žabe su vodozemci i ne mogu dugo preživjeti na suhom i zbog toga je nastupio pomor žaba. Na žabljim ostatcima su se razvile muhe i drugi kukci. Obzirom da su nestale žabe koje su prirodni neprijatelj komaraca i obada, došlo je do njihovog prekomjernog razmnožavanja. Ljudi su u nedostatku pitke vode ipak pilu zatrovanu zaraznu vodu iz rijeka i to je izazvalo prvo bolesti, a potom i pomor među ljudima. I na taj način su se dogodile sve opisane biblijske kazne Egipćana.

Poznati su zapisi o velikim epidemijama „kuge“ u velikim carstvima baš u vrijeme velikih kriza ili suša. Znalo se da se kuga širi trgovačkim putevima. Dugo se okrivljavalo štakore kao izvor i sredstvo širenja tih „kuga“. Prvi put se u štakore (kao izvore nečisti) posumnjalo još u Bizantu za vladavine cara Justinijana kada je izbila epidemija kuge koja se proširila s brodova koji su dolazili s Krima. Tadašnja ruta puta svile. Suvremena ispitivanja DNA i arheološka iskapanja u Kirgistanu na rubu velike pustinje Karakorum, otkrila su drugačiji izvor i razlog širenja kuge (Yersinia pestis). Izvor zaraze je bila buha na lokalnom pustinjskom sviscu kojeg su ljudi (lokalno stanovništvo i trgovci) lovili i konzumirali u doba velikih suša. Samu bolest dalje duž puta svile su prenosili trgovci. Nakon toga bi kuga završavala svoj put u Europi nakon 14 do 17 godina kada bi svi zaboravili klimatsku promjenu u Karakorumu. (21),(22)

Povijesni kroničar Prokopije je napisao da je "Sunce davalo svoju svjetlost bez sjaja... kao Sunce u pomrčini." Učenjak iz 12. stoljeća Michael Sirijski rekao je da je “Sunce slabo sjalo

godinu i pol dana”. Drugi su opisivali niže temperature, neuspjeh žetve, glad i bolesti od Europe do Bliskog istoka. Iz bizantskih zapisa znamo da se radi 536.g. i poznatoj apokalipsi. Povjesničari klime vjeruju da se ovo veliko zahlađenje, koje je započelo 536. godine, dogodilo zbog ogromne vulkanske erupcije. To bi objasnilo opise tamnog neba i kasnijeg hlađenja Zemlje za oko 18 mjeseci. Temperature su pale za 2.5°C. U Kini je tijekom ljeta čak padao snijeg. Znanstvenici još nisu utvrdili koji je vulkan eruptirao. Nekoliko je mogućih krivaca: vulkan na Islandu, Tierra Blanca Joven u El Salvadoru, Krakatoa u Indoneziji ili Rabaul u Papui Novoj Gvineji. Međutim, Tierra Blanca Joven nedavno je isključena. Analiza prstenova pokazala je da je eruptirao 431. godine, stoljeće prije vulkanske zime. Međutim, analiza uzoraka leda pronašla je dokaze o vulkanskoj erupciji na Islandu koja datira otprilike iz 534. godine. Drugi testovi godova drveća otkrili su još dvije erupcije 540. i 547. godine. Vulkanska zima izazvala je društvene, političke i ekonomske potrese. Usjevi su stradali od mraza i doveli su do gladi. Više naroda, poput Saracena, Avara, Germana i Slavena pobjegli su iz svojih domovina pogođenih sušom. Hrane je jedva bilo. Izgladnjivanje je ubilo tisuće i omogućilo širenje kuge. Nekoliko godina kasnije pojavila se bubonska kuga, koja se razvila u zloglasnu Justinijanovu kugu. Bila je to jedna od prvih velikih svjetskih pandemija i ubila je više od 100 milijuna ljudi, uključujući gotovo polovicu stanovništva Istočnog Rimskog Carstva. (23),(24)
Tijekom 19. stoljeća dva su vulkana u indonezijskom arhipelagu bila povezana s vulkanskim zimama. Prvi događaj uzrokovan je erupcijom planine Tambora, vulkana na otoku Sumbawa. Izbacio je oko 100 kubičnih kilometara (24 kubične milje) pepela u atmosferu 1815. godine. Taj je događaj imao učinak smanjenja prosječne globalne temperature 1816. godine za čak 3 °C (5,4 °F), uzrokujući "godinu bez ljeta” u dijelovima Sjeverne Amerike i Europe. Drugi događaj uzrokovan je erupcijom Krakatoe 1883. godine. Ova je erupcija ispustila gotovo 21 kubični kilometar (5 kubičnih milja) krhotina stijena, uništivši velik dio otoka Krakatoa, a okolno područje je utonulo u mrak dva i pol dana zbog pepela u zraku. Nedavno su plinovi i pepeo iz planine Pinatubo, vulkana koji se nalazi na otoku Luzon na Filipinima, ohladili svjetsku klimu za oko 0.5 °C (0,9 °F), nekoliko godina nakon što je vulkan eruptirao 1991. godine. (10)

Propasti civilizacija uzrokovanih klimatskim promjenama

Zbog klimatskih promjena padale su brojne civilizacije. Najpoznatije i najbrojnije propadanje civilizacija se dogodilo zbog klimatskih Promjena uzrokovanih erupcijom vulkana Santorini, kada su propale brojne brončane civilizacije u sredozemnom bazenu i na bliskom istoku. Preživjela je samo Egipatska civilizacija. (19)
U Bibliji se spominje da su kroz mitski „raj“ (područje oko starog grada Ur-a) tekle četiri rijeke. Danas su preostale samo dvije; Eufrat i Tigris. Od druge dvije su samo ostala suha prazna korita i sjećanje u priči.
Klimatske promjene su krivac za propast indske civilizacije (Harappa i Mohenjo Daro) u današnjem Pakistanu koja se prostirala duž cijelog toka rijeke Ind. Grad se nalazi usred ničega u pustinji. U blizini je samo suho prazno korito neke nama nepoznate rijeke. Danas nema naselja u blizini. Nije odgonetnuto je li se rijeka premjestila zbog prevelikih poplava uzrokovanih preobilnim monsunima ili se jednostavno isušila. No, više je nema. (25)
Kyle Harper u svojoj knjizi „The Fate of Rome“ opisuje kako klimatske promjene dovode do širenja bolesti i gladi i na kraju do propasti Rima. Ne treba zaboraviti da su u doba Julija Cezara Egipat i Libija rimske žitnice, a danas su pustinje. Naročito Libija, gdje su ostala samo suha korita rijeka koja su nekada natapala plodna polja koja su hranila Rimsko Carstvo. (26) Dotična suha korita su i danas vidljiva pomoću Google Earth Satelite.
Moče su bile jedna od prvih južno američkih civilizacija. Imale su uređen sustav kanala za navodnjavanje u području koje je danas pustinja. Postoje naznake da je pad počeo zbog vulkanske zime 536.g.n.e. (27), a sve se nastavilo katastrofalnim poplavama izazvanim klimatskim fenomenom El Ninjo. (28)

Civilizacije koje su propale zbog ekoloških razloga

Misisipska kultura je postojala u periodu od otprilike 700. n.e. do kontakta i kolonizacije Europljana. Veći dio američkog jugoistoka i središnjeg kontinenta bio je dom agrarne civilizacije poznate kao „misisipska kultura“. Jedan od njihovih najvećih gradova, Cahokia, nalazio se u blizini današnjeg Collinsvillea, Illinois. Procijenjena na šest četvornih milja, Cahokia je imala masivni središnji trg, velike zemljane piramide i drvene strukture slične po obliku Stonehengeu koje su korištene za praćenje zvijezda. Neki procjenjuju populaciju Cahokie na 40 000, a mnogi žive u selima izvan glavnog grada. Kao i kod drugih izgubljenih civilizacija, stručnjaci ne znaju sa sigurnošću što je dovelo do postupnog izumiranja Misisipijanaca. Popularne teorije sugeriraju da je pad bio rezultat degradacije okoliša i loših sanitarnih uvjeta zbog čega nastupaju glad i zarazne bolesti. (29),(30)

Može se reći da su Maje sami uzrokovali svoju propast svojim lošim postupcima u poljoprivrednoj djelatnosti. Prvi znaci propasti majanske civilizacije se naziru propadanjem gradova u centralnom Yukatanu (centar nastanka civilizacije) i postepenim seljenjem gradova na rubne regije. Uzrok tome je primitivna poljoprivreda temeljena na sječi šuma i spaljivanju drvnog materijala kojim se povećavala plodnost tla. Takvom tehnikom se lokalno prašumsko tlo (koje je siromašno hranjivim tvarima) brzo iscrpi, a dodatno uništavanje tla čini erozija zbog obilnih sezonskih kiša, koja odnosi plodni površinski sloj. Nakon iscrpljivanja postojećih obradivih površina, Maje su morali krčiti nova područja šuma. Kada je ponestalo novog prostora ili bolje reći kada su posjekli sve oko sebe (u dometu 2-3 dana hoda), selili su se na novu lokaciju. Na taj su način Maje uništavali svoj okoliš i ugrožavali svoju civilizaciju. Španjolci su zatekli tek ostatke nekada velike civilizacije u kojoj su stanovnici preživljavali u ruševinama nekada velebnih gradova. (29),(31),(32),(33)

Civilizacija Uskršnjeg otoka je poznata po masivnim kamenim glavama koje nižu uz njegovu obalu. Uskršnji otok (Rapa Nui) bio je dom uspješne polinezijske civilizacije koja je prvi otok naselila oko 700. godine. Njegovi su stanovnici bili vješti navigatori morem i pokazali su druge napredne sposobnosti. Postoje dokazi o velikim šumama na otoku koje su posječene par stotina godina prije dolaska Europljana. Zbog toga neki nagađaju da je smanjenje prirodnih resursa moglo dovesti do propadanja civilizacije. Također, postoje i tragovi građanskog rata u periodu između nizozemskog i engleskog „otkrića“ otoka. Bolest i drugi čimbenici (mali genetski bazen) također mogu igrati ulogu. (29),(34)

Kmersko se carstvo proširilo po današnjoj Kambodži. Angkor je bio jedan od najvećih gradova civilizacije, s opsežnim sustavom cesta i kanala i procijenjenom populacijom od čak milijun ljudi. Kmersko carstvo bilo je na vrhuncu između 1000. i 1200. godine. Početak propadanja kmerskog carstva se poklapa s mongolskom invazijom Kine. Uslijedile su velike seobe stanovništva sa sjevera i napadi okolnih država. Vrlo je vjerojatno da je seoba elitne kulture iz Angkora u napredniji i sigurniji dvor započela negdje sredinom 14. stoljeća. Mnogi od Kmera koji su ostali u Angkoru, vjerojatno su bili povučeni prema jugu u blizinu Phnom Penha (za koji se smatra da je osnovan sredinom 15. stoljeća) zbog trgovačkih mogućnosti regije. Bilo je sve teže organizirati redovito čišćenje mulja u plovnim kanalima i kanalima za navodnjavanje. Dolazi do zamuljivanja i zatrpavanja kanala i postepenog napuštanja grada uslijed pada poljoprivredne proizvodnje. Dodatno, zbog vrlo vlažne tropske klime, džungla sve brže preuzima obradive površine i gradove. U svakom slučaju, manje kmersko kraljevstvo okrenuto prema van, koje je do 16. stoljeća zamijenilo Angkor na jugu, zaradilo je svoje bogatstvo prvenstveno trgovinom, a ne intenzivnim uzgojem riže i mobilizacijom radne snage za javne radove. Francuski kolonijalisti su u 19. stoljeću zatekli obrasli napušteni grad. (29),(35)

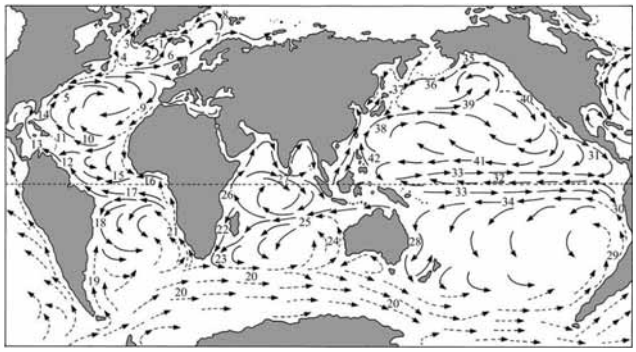
Sunce kao faktor klimatskih promjena

Za očekivati je da u Sunčevom sustavu Sunce ima značajan utjecaj. Sunce je vrlo stabilan izvor energije; njegov učinak zračenja, koji se naziva solarna konstanta, iznosi 1,366 kilovata po četvornom metru na Zemlji i ne varira više od 0.1 posto. Međutim, na ovoj stabilnoj zvijezdi nalazi se zanimljiv 11-godišnji ciklus magnetske aktivnosti koji se očituje područjima prolaznih jakih magnetskih polja koja se nazivaju Sunčeve pjege. Ciklus Sunčevih pjega vraća se na minimum nakon približno 11 godina. Na minimumu Sunčevih pjega postoji najviše nekoliko malih pjega na Suncu, obično na niskim geografskim širinama, a može biti i mjeseci bez ikakvih pjega. To sve utječe na količinu energije koju dobiva Zemlja, a samim time i na njezinu klimu. (36)

More, morske struje i atmosfera kao faktor klimatskih promjene

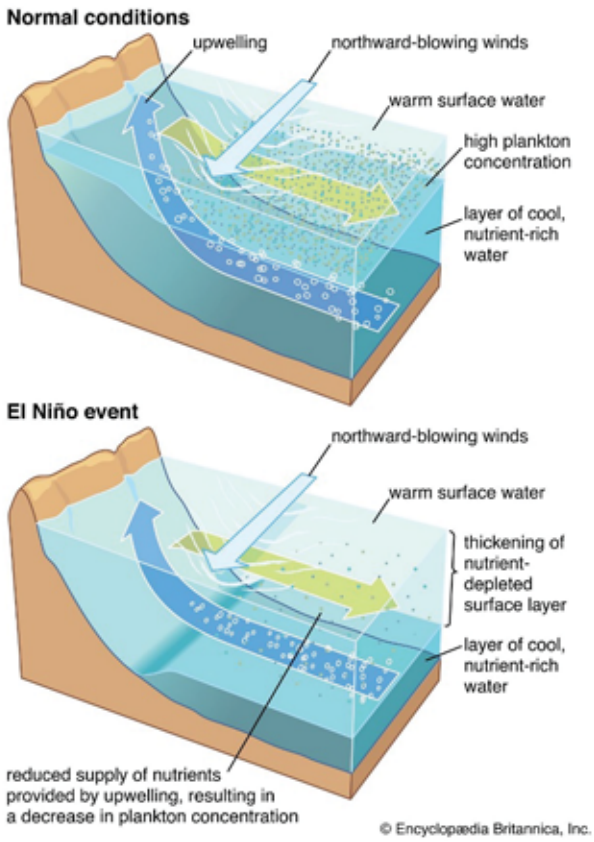
Godišnje kolebanje površinske temperature mora u području srednjih geografskih širina iznosi 8 °C, a u tropima i području visokih geografskih širina oko 2°C. U plitkim obalnim područjima temperaturno kolebanje je veće, npr. u sjevernom je Jadranu 16°C. Godišnje kolebanje temperature na otvorenome moru dopire do dubine od stotinjak metara. Dnevno kolebanje površinske temperature u srednjim je geografskim širinama oko 0.3°C, u tropskim područjima do 1°C za mirna vremena, a osjeća se do dubine od nekoliko desetaka metara.

Vlaga u zraku najvećim dijelom potječe od isparavanja mora i oceana pa su zračne mase nad oceanima vlažnije od onih iznad kontinenta na sličnoj geografskoj širini. U tropskom se području zbog intenzivna isparavanja stvaraju cikloni – jaki vrtložni vjetrovi polumjera nekoliko stotina kilometara, poznati i pod nazivima tajfun, orkan, uragan, hurikan. Razvijaju se iznad mora, nose ih površinske morske struje, a nad kopnom zbog nedostatka vlage brzo odumiru (Slika 3). (37)



Slika 3: Morske površinske struje (37)

Promjene prosječnoga stanja atmosfere nad nekim područjem u određenom vremenskom razdoblju uzrokovane su promjenama prirodnih procesa koji se zbivaju u sustavu atmosfera–more–tlo, ali i različitim drugim čimbenicima kao što su promjene u intenzitetu Sunčeva zračenja ili pak djelovanje stakleničkih plinova (ugljikov dioksid, metan, dušikov oksid, klorfluorugljici). Koncentracija tih plinova povećava se u atmosferi zbog ljudske aktivnosti pa se toplina zadržava uz površinu Zemlje i uzrokuje promjenljiv efekt staklenika. U kojoj će mjeri povećanje koncentracije spomenutih plinova utjecati na povišenje temperature pri površini Zemlje, tj. na globalno zagrijavanje, znatno ovisi o procesima u oceanima i njihovoj ovisnosti o promjenama temperature, te o tome hoće li se toplina u moru zadržavati u površinskom sloju ili će se miješanjem i strujama prenositi u veće dubine. U prvom će slučaju ublažavajuće djelovanje mora na klimatske promjene biti manje, a u drugom će slučaju biti veće. Klimatsko kolebanje uzrokovano visokim temperaturama mora i iznimnim gibanjima u ekvatorskim dijelovima Tihog oceana naziva se el niño. (37)



Slika 4: Prikaz nastanka pojave El niño (38)

El niño [elni'ńo] je prirodni fenomen povezan s promjenama klime u tropima (Slika 4). Njegova specifičnost je u tome što uzrokuje kišovito vrijeme i poplave u suhim područjima Južne Amerike, a istovremeno sušno razdoblje u području Indonezije. Spomenuta pojava se očituje kroz anomalije u temperaturi oceana, koja se povećava za 2°C do 8 °C i promjeni smjera vjetrova, koji tada pušu od zapada prema istoku. To uzrokuje gomilanje toplije vode u istočnim dijelovima Tihog oceana, podiže se razina oceana i smanjuje debljina sloja hranjivih tvari u njemu. El niño ne utječe samo na vremenske uvjete na Tihom oceanu, nego i u drugim dijelovima Zemlje, uzrokujući intenzivne vremenske nepogode – od jakih oborina do velikih suša.

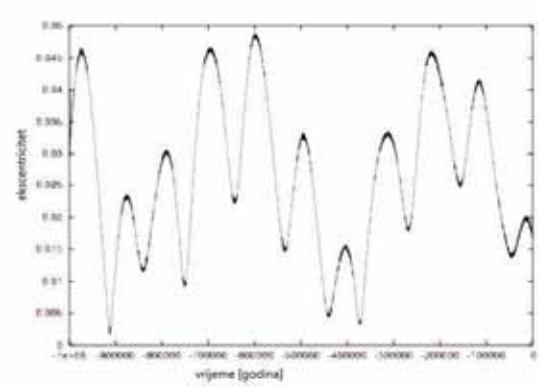
Anomalno klimatsko stanje ekvatorskoga dijela Tihog oceana, suprotno el niñu, naziva se la niña [lani'ńa]. Dok traje la niña, pasati pušu velikom snagom preko cijeloga Tihog oceana. Pritom potiskuju površinski sloj oceana niz vjetar i uzrokuju uzlazno strujanje u moru i snižavanje površinske temperature u središnjem i istočnom dijelu Tihog oceana. Budući da se pod utjecajem vjetra topla površinska voda pomiče prema zapadu, razina mora uzdignuta je na zapadu i spuštena na istoku, a termoklina je nagnuta u suprotnom smjeru. To pogoduje stvaranju područja visoke površinske temperature u zapadnom dijelu ekvatorskoga dijela Tihog oceana, što opet podržava uzlazno gibanje u atmosferi iznad mora. Uzlazno gibanje zahvaća vlažan zrak koji u zapadni dio Tihog oceana donose pasati, pa to omogućuje nastanak obilnih oborina. (40)

Milankovićevi ciklusi

Milankovićeva teorija klimatskih promjena, poznata kao Milankovićevi ciklusi, predstavlja kompleksnu teoriju koja se temelji na promjenama u Zemljinoj orbiti i nagibu, te kako te promjene utječu na klimu našeg planeta. Ova teorija predstavlja ključno otkriće u znanosti o klimatskim promjenama i utječe na razumijevanje procesa koji oblikuju Zemlju i našu okolinu.

Milankovićevi ciklusi dobili su ime po srpskom matematičaru i astronomu Milutinu Milankoviću, koji je razvio ovu teoriju u prvoj polovici 20. stoljeća. U svojim proračunima Milanković je krenuo od dvije osnovne pretpostavke: da klima na Zemlji ovisi o Sunčevom ozračenju (osunčavanju) njezine površine te da je intenzitet osunčavanja promjenjiva kategorija u geološkom vremenu ovisno o udaljenosti i položaju Zemlje prema Suncu. Prema njegovoj teoriji, klimatske promjene na Zemlji nastaju kao posljedica periodičnih promjena u tri elementa gibanja Zemlje: ekscentriciteta orbite, nagiba osi Zemlje i precesije. (44),(46)

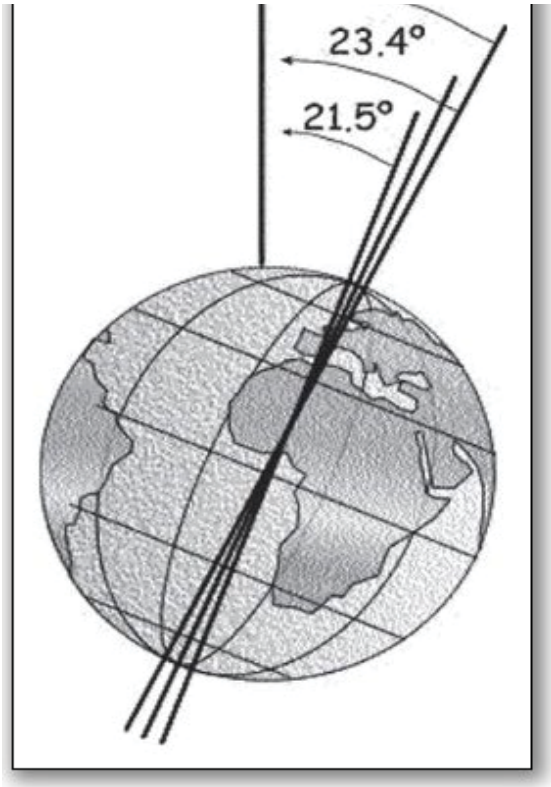
Milanković je od ranije poznatu teoriju promjene spomenutih elemenata gibanja Zemlje, primijenio na izračun osunčavanja na sjevernu hemisferu te ustanovio povezanost osunčavanja sa stupnjem glacijacije.



Ekscentricitet orbite odnosi se na oblik Zemljine orbite oko Sunca. Orbita Zemlje je elipsa sa Suncem u jednom od žarišta, čiji se ekscentricitet mijenja od 0.005 do 0.058 s periodom od oko 100 000 godina (Slika 5). Uzrok promjene ekscentriciteta Zemljine orbite je gravitacijski utjecaj velikih planeta.
Što je ekscentricitet veći, razlike između godišnjih doba su značajnije. Pri najvećem ekscentricitetu sezonska razlika primljene topline je oko 23%. Sadašnji ekscentricitet Zemljine orbite je 0.0167, a razlika primljene topline iznosi oko 7%. (42),(45),(47)

Slika 5: Krivulja promjene ekscentriciteta orbite u prethodnih milijun godina

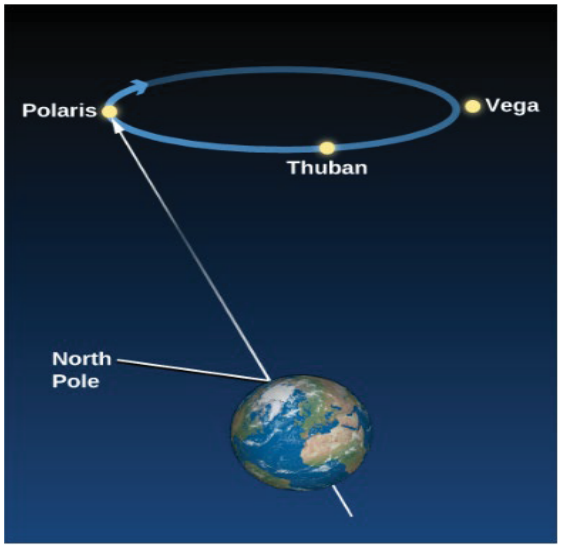
Drugi parametar koji utječe na klimu je nagib osi Zemlje u odnosu na ravninu orbite, što je uzrok postojanja godišnjih doba na Zemlji. Promjene u nagibu osi Zemlje su od 22.1° do 23.44° s periodom od 41 000 godina (Slika 6).



Zemljina os trenutno je nagnuta je pod kutom od 23.5° i u smjeru je opadanja. Utjecaj promjene nagiba osi na promjenu klime je u tome što su pri većem kutu godišnja doba ekstremnija, jer su obje hemisfere osunčanije ljeti, a manje zimi. Nadalje, pri većem nagibu osi Zemlje, ljeti se povećava kut upada Sunčevih zraka na polove te su oni osunčaniji nego kad je nagib osi manji. To pogoduje razdobljima deglacijacije (otapanje i povlačenje ledenjaka i ledenih ploča).
Kad je nagib manji, godišnja doba su blaža, dakle, ljeta su hladnija nego pri većem nagibu, što postupno omogućuje nakupljanje snijega i leda na većim geografskim širinama u velike ledene ploče. Zbog povećanja ledenih ploča, reflektira se više Sunčeve energije natrag u svemir, što uzrokuje daljnje hlađenje. (43),(47)

Treći parametar je precesija, odnosno revolucija osi rotacije Zemlje, čiji je period otprilike 23 000 godina.

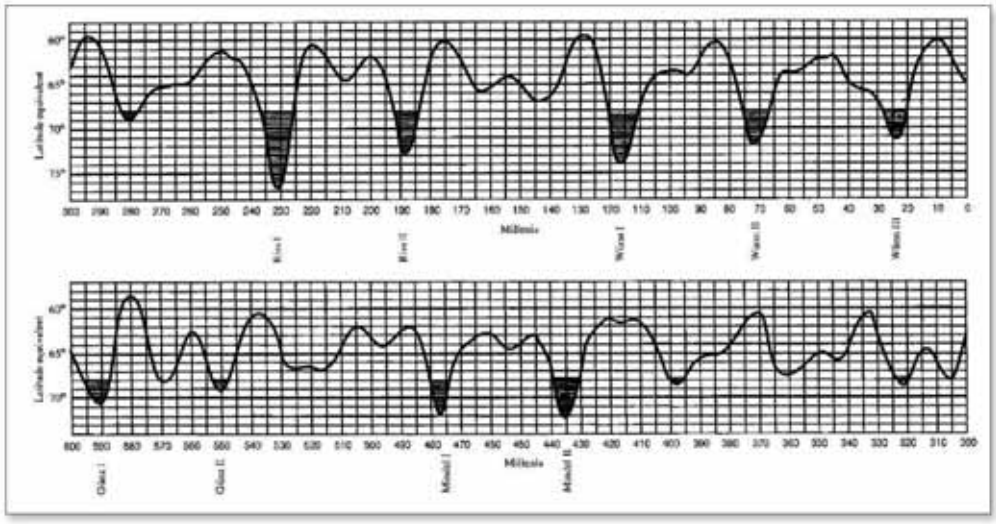
Slika 6: Nagib osi Zemlje



Slika 7: Precesija

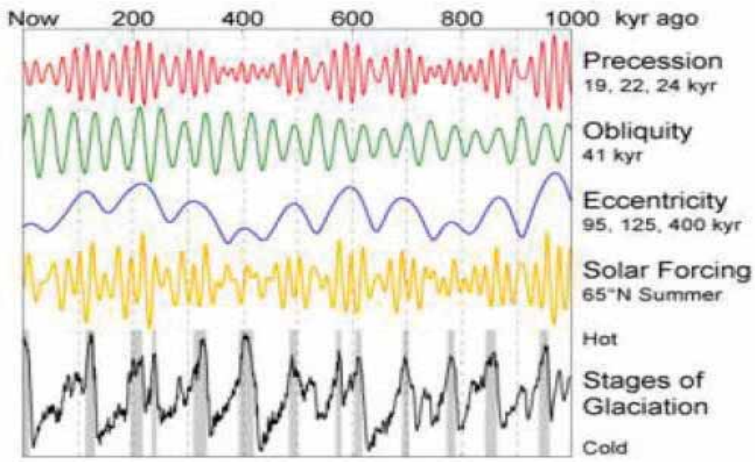
Precesija osi Zemlje mijenja smjer u kojem je Zemljina os usmjerena prema zvijezdama tijekom godina pa je tako danas os na sjevernoj hemisferi usmjerena prema zvijezdi alfa Malog Medvjeda, dok će za otprilike 12 000 godina biti usmjerena prema Vegi (Slika 7). Precesija dovodi do promjene klimatskih zona na Zemlji te tako utječe na klimu, iako je njen utjecaj u odnosu na prethodna dva parametra manji. (43),(47)

Milanković je izračunao kako se ovi parametri mijenjaju tijekom vremena i kako te promjene utječu na klimu na Zemlji. Utvrdio je da su periodične promjene ekscentriciteta orbite, nagiba osi Zemlje i precesije uzroci nastajanja ledenih doba. Njegovi izračuni podudaraju se s vremenskim razdobljima ledenih doba određenih nekim drugim znanstvenim metodama. Milanković je napravio matematički model izračunavanja prosjeka osunčavanja i rezultate predočio krivuljama osunčavanja za različite geografske širine (Slika 8). Numeričke rezultate je ostvario sve do 650 000 godina unazad. (41),(42),(44)



Slika 8: Milankovićeva krivulja osunčavanja Zemlje u zadnjih 600 000 godina

Najvažnijom je smatrao krivulju osunčavanja, tj. krivulju koja prikazuje količinu dospjelih Sunčevih zraka na tlo, na 65° sjeverne geografske širine u srpnju (Slika 9). Razlog tome je što je pretpostavio da osunčavanje ima najveći utjecaj na glacijaciju ako se nivo zračenja promjeni ljeti, odnosno, ako tlo nije dovoljno ugrijano ljeti, ledeni pokrov će se širiti. (42),(43)



Slika 9: Učinak Milankovićevih ciklusa na osunčavanje Zemlje

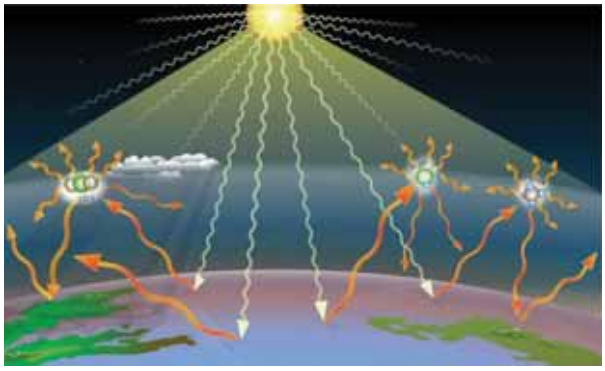
Iako Milankovićevi ciklusi nisu jedini uzrok klimatskih promjena na Zemlji, oni su izuzetno važni jer mogu objasniti neke od dugoročnih klimatskih promjena koje su se dogodile u prošlosti i mogu dati uvid u klimatske promjene koje bi se mogle dogoditi u budućnosti. Zemlja se danas nalazi u periodu tople faze. Promjena nagiba Zemljine osi rotacije i ekscentricitet putanje oko Sunca djeluju u smjeru zahlađenja, a precesija ima utjecaj u smjeru zatopljenja. U skladu s Milankovićevom teorijom, znanstvenici danas predviđaju da Zemlja prirodnim putem neće ući u novo ledeno doba još barem 30 000 godina.

Ugljikov dioksid, atmosferski i staklenički plinovi kao faktor klime

Prethodno je već spomenuto kako atmosfera i more djeluju u interakciji kao značajan klimatski faktor.
Trenutačni molekularni sastav Zemljine atmosfere je dvoatomni dušik (N_2) 78.08%, dvoatomni kisik (O_2) 20.95%, argon (Ar) 0.93%, ugljikov dioksid (CO_2) 0.04%, te vodena para i drugi plinovi i spojevi koji se nalaze u manjim količinama (vodik, helij, neon, ozon, metan…). (48)
Količina vodene pare u atmosferi promjenjiva je, ovisno o temperaturi, a udio se smanjuje i s visinom. U najnižim slojevima atmosfere ima sitnih čestica anorganskoga (sol, prašina, pepeo) i organskog podrijetla (pelud i mikrobi), te olovnih, dušikovih i sumpornih spojeva i čađe, što je posljedica emisije industrije i prometa. (3)
Otprilike jedna trećina Sunčeve energije koja dospije na Zemljinu površinu troši se na isparavanje oceanske vode. Rezultirajuća atmosferska vlaga i vlaga kondenziraju se u oblake, kišu, snijeg i rosu. Vlaga je ključni faktor u određivanju vremena. (2)

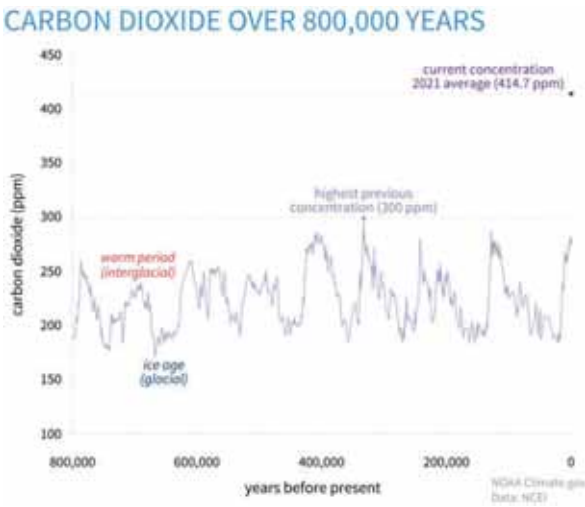
Međutim jedan drugi plin se optužuje da ima dugoročno puno veći utjecaj na klimatske promjene na planetu Zemlji. Između kasnih 1950-ih i kraja 20. stoljeća količina ugljikovog dioksida u Zemljinoj atmosferi povećala se za više od 15% zbog izgaranja fosilnih goriva (npr. ugljena, nafte i prirodnog plina) i uništavanja tropskih prašuma. Neki računalni modeli predviđaju da bi neto udvostručenje ugljikovog dioksida do sredine 21. stoljeća moglo dovesti do globalnog zagrijavanja od 1.5–4.5°C u prosjeku na Zemlji. (3)

Svante Arrhenius (dobitnik Nobelove nagrade za kemiju 1903.) je u svom modelu efekta staklenika optužio upravo ugljikov dioksid (uz metan i druge ugljkovodike) da pridonosi efektu staklenika više od svih drugih plinova u atmosferi. (49)
Kada Sunčeva svjetlost dospije do Zemlje, površina apsorbira dio energije svjetlosti i ponovno je zrači kao infracrvene valove, koje osjećamo kao toplinu. (Držite ruku iznad tamnog kamena na toplom sunčanom danu i sami možete osjetiti ovaj fenomen.) Ovi infracrveni valovi putuju u atmosferu i pobjeći će natrag u svemir ako ih ne ometaju. Kisik i dušik ne ometaju infracrvene valove u atmosferi. To je zato što se molekule moraju podudarati u rasponu valnih duljina s kojima stupaju u interakciju. Na primjer, kisik i dušik apsorbiraju energiju koja ima usko zbijene valne duljine od oko 200 nanometara ili manje, dok infracrvena energija putuje na širim valnim duljinama od 700 do 1 000 000 nanometara. Ti se rasponi ne preklapaju, pa je za kisik i dušik kao da infracrveni valovi niti ne postoje, propuštaju valove (i toplinu) da slobodno prolaze kroz atmosferu.



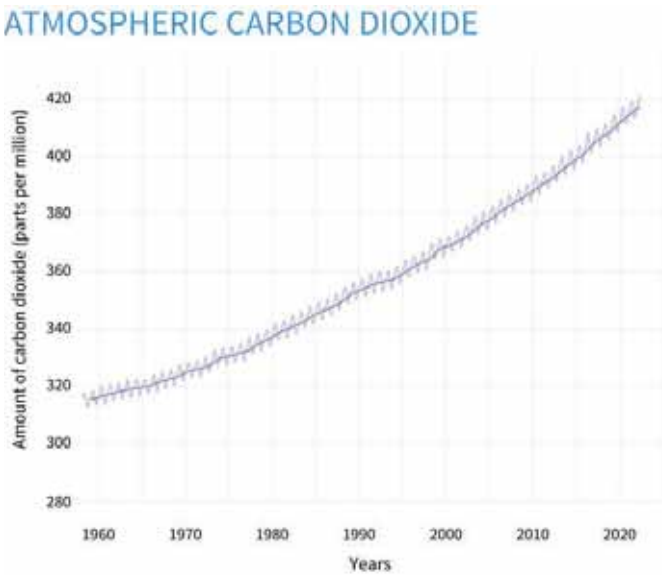
Slika 10: Učinak apsorpcije i emitiranja infracrvene energije kod ugljičnog dioksida i stakleničkih plinova (50)

S ugljikovim dioksidom i drugim stakleničkim plinovima je drugačije. Ugljikov dioksid apsorbira energiju na različitim valnim duljinama između 2 000 i 15 000 nanometara - raspon koji se preklapa s infracrvenom energijom. Dok ugljikov dioksid upija ovu infracrvenu energiju, on vibrira i ponovno emitira infracrvenu energiju natrag u svim smjerovima (Slika 10). Otprilike polovica te energije odlazi u svemir, a druga polovica se vraća na Zemlju u obliku topline, pridonoseći "efektu staklenika" kojeg je opisao Svante Arrhenius. Razlog tomu što neke molekule apsorbiraju infracrvene valove, a neke ne, "ovisi o njihovoj geometriji i sastavu". Molekule kisika i dušika su jednostavne - svaka se sastoji od samo dva atoma istog elementa - što sužava njihovo kretanje i raznolikost valnih duljina s kojima mogu komunicirati. Ali stakleničkі plinovi kao što su ugljikov dioksid i metan sastoje se od tri ili više atoma, što im daje veći izbor raspona podudaranja. To znači da mogu apsorbirati širi raspon valnih duljina — uključujući infracrvene valove. (50)
Kao eksperiment koji se može izvesti kod kuće ili u učionici, preporučuje se punjenje jedne boce s ugljičnim dioksidom i punjenje druge boce okolnim zrakom. Ako ih se oboje izloži toplinskoj lampi, boca s ugljičnim dioksidom zagrijat će se mnogo više od boce sa samo okolnim zrakom. (50)



Slika 11: Učinak apsorpcije i emitiranja infracrvene energije kod ugljičnog dioksida i stakleničkih plinova (50)

Ispitivanja na jezgri starog leda uzetog sa Arktika (Vostok ice core) otkrivaju kako se koncentracija ugljikovog dioksida mijenjala kroz povijest. Pokazala se ovisnost koncentracije ugljikovog dioksida i perioda zatopljenja, odnosno perioda ledenih doba. Tijekom ledenih doba razine CO_2 bile su oko 200 dijelova na milijun 200ppm), a tijekom toplijih međuledenih razdoblja kretale su se oko 280 ppm. (51) Globalni atmosferski ugljikov dioksid u dijelovima na milijun za posljednjih 800 000 godina, na temelju podataka o jezgri leda (ljubičasta linija) u usporedbi s koncentracijom iz 2021. (tamnoljubičasta točka) prikazan je na slici 11. Vrhovi i doline u liniji prate ledena doba (niski CO_2) i toplija interglacijala (viši CO_2). Tijekom tog vremena CO_2 nikad nije bio veći od 300 ppm (svijetloljubičasta točka, prije 300.000 do 400.000 godina). (52)

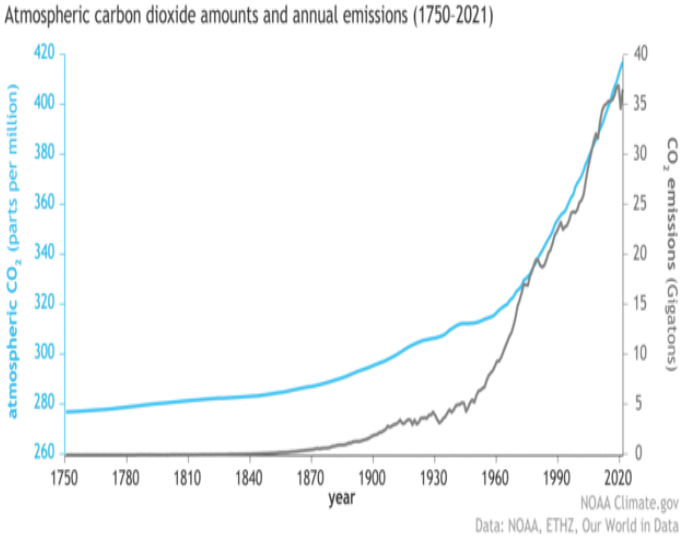


Slika 12: Prosječna mjesečna mjerenja zvjezdarnice Mauna Loa Hawai u periodu od 1960. do 2020.g. (52)

Godine 2013. razina CO_2 premašila je 400 ppm po prvi put u zabilježenoj povijesti. Ovaj nedavni neumoljivi porast CO_2 pokazuje stalnu vezu s izgaranjem fosilnih goriva i može se dobro objasniti na temelju jednostavne premise da oko 60 posto emisija fosilnih goriva ostaje u zraku. (51)

Moderno bilježenje atmosferskih razina ugljikovog dioksida počelo je opažanjima zabilježenima u zvjezdarnici Mauna Loa na Havajima. Zvjezdarnica je bilježila prosječna mjesečna mjerenja ugljikovog dioksida postaje od 1960. u dijelovima na milijun (ppm) (Slika 12). Sezonski ciklus uspona i padova (mali vrhovi i doline) potaknut je ljetnim rastom i zimskim propadanjem vegetacije sjeverne hemisfere. Dugoročni trend povećanja razine ugljikovog dioksida potaknut je ljudskim aktivnostima. (52)

Porast u posljednjih 60 godina je 100 puta brži od prijašnjih prirodnih porasta. Zapravo, na geološkoj vremenskoj skali, povećanje od kraja posljednjeg ledenog doba do danas izgleda gotovo trenutno.(52)



Slika 13: Emisije ugljikovog dioksida u atmosferi od 1750. do 2000. g. (52) Plava linija prikazuje količinu ugljikovog dioksida u atmosferi, a siva linija prikazuje ljudsku „proizvodnju" istog.

Cijela priča o značajnom ljudskom utjecaju na porast ugljikovog dioksida u atmosferi počinje s industrijskom revolucijom i korištenjem toplinskih strojeva, a ponajviše pojavom motora s unutarnjim izgaranjem i pojačanom eksploatacijom nafte. Količina ugljikovog dioksida u atmosferi povećala se zajedno s ljudskim emisijama od početka industrijske revolucije 1750. godine. (Slika 13) Emisije su polagano rasle na oko 5 milijardi tona godišnje sredinom 20. stoljeća prije nego što su naglo porasle na više od 35 milijardi tona godišnje do kraja stoljeća. (52)

Hvatanje i pohranjivanje ugljika (ugljikovog dioksida i drugih ugljikovodika)

Jedan od načina kako smanjiti emisiju stakleničkih plinova te time smanjiti utjecaj na klimatske promjene je hvatanje i odlaganje ugljikovog dioksida.
Za hvatanje CO_2 iz zraka služe biljke koje prirodno apsorbiraju CO_2, kao što su drveće ili alge. Najčešći način hvatanja ugljikovog dioksida u industrijskim postrojenjima je korištenje kemikalija koje na sebe vežu CO_2 iz dimnih plinova, što se naziva postupak kemijskog hvatanja. Nakon hvatanja, ugljikov dioksid se transportira do mjesta za pohranu i to najčešće u tekućem ili komprimiranom obliku.
Zarobljeni ugljikov dioksid pohranjuje se na mjestima gdje se može izolirati iz atmosfere. Neka od njih su geološke formacije poput nalazišta u dubokim oceanima, ispražnjena ležišta nafte i plina duboko pod zemljom. U slojeve poroznih sedimentnih stijena može se ubrizgati ugljikov dioksid pod tlakom. Dok ugljikov dioksid izlazi kroz pore u stijeni, otapa se u podzemnoj vodi stvarajući karbonatne minerale. U geološkim formacijama dubokih oceana, potpomognute visokim tlakom oceana i niskim temperaturama, također se mogu zadržati velike količine ugljikovog dioksida. Istrošena ležišta nafte i plina pružaju gotova skladišta za dugoročno držanje ugljikovog dioksida, pod uvjetom da se mogu zatvoriti slojevima stijena. (53)
Zbog jako visoke cijene industrijskog hvatanja i skladištenja ugljikovog dioksida, te sigurnosti i dugoročne stabilnosti pohrane, istražuju se prirodniji putevi i jeftiniji načini za hvatanje i skladištenje ugljikovog dioksida.

Klimatske promjene i korona

Sa sanitarnim zatvaranjem zbog Corone (COVID-19) došlo je do smanjenja emisije ugljikovog dioksida u mnogim dijelovima svijeta. Tako smo mogli vidjeti Peking ponovo bez smoga, kao i još neke druge „zagađene“ megagradove. Možda je to jedan od pokazatelja kako se priroda brzo može samo oporaviti kada joj čovjek ne smeta.

Klimatske promjene i rat u Ukrajini.

Zbog rata u Ukrajini došlo je do krize energenata. Ponajviše do krize s ruskim plinom koja je najviše pogodila Njemačku, čijoj je industriji to bio energent broj jedan. Zbog toga su Nijemci ponovno pokrenuli neke već zatvorene termoelektrane na ugljen. Ali ne samo Nijemci, nego su i drugi Europljani morali nalaziti razne alternativna rješenja. Jedno od neobičnih i neprincipijelnih iznenađenja je bilo da EU proglasi obnovljive izvore ekološkima, bez obzira na njihovu emisiju ugljikovog dioksida (sumpornog dioksida i drugih stakleničkih plinova) kao npr. kod obnovljivog bio-goriva drveta.

Zaključak

U radu je pokazano koliko je kompleksno pitanje klimatskih promjena. Svi veći, jači, važniji faktori su neovisni o čovjeku i čovjek ne može utjecati na njih. Počevši od Sunčevih ciklusa, preko nagiba Zemljine osi, precesije Zemlje, morskih struja do vulkana. Jedino na što čovjek može utjecati (ili misli da može) je količina ugljikovog dioksida u atmosferi. Moguće je da su se zato neki nezadovoljni postojećim ekološkim stanjem odlučili djelovati na polju smanjivanja emisije ugljikovog dioksida. Istina, više je nego očito da je emisija ugljikovog dioksida veliki problem i izazov pred cijelim čovječanstvom. Čak i da nije uzrok velikim klimatskim promjenama, to je veliko zagađenje koje bi ipak radi kvalitete zraka (i zdravlja prije svega) trebalo što prije riješiti. Dobro je što je problem emisije ugljikovog dioksida definiran kao problem. Matematičari kažu da je dobro definiran problem napola riješen – drugu polovicu treba odraditi. Treba odraditi kako smanjiti emisije, kako prebaciti industriju i prijevoz na energetski izvor s manjom emisijom CO_2 te smisliti što s postojećim viškom ugljikovog dioksida (i drugih stakleničkih plinova) u zraku. Pri tome treba voditi računa da sve to ne bude preskupo za običnog građanina (jer će on kao i uvijek na kraju platiti sve to punom cijenom) te da ne ugrozi previše standard i komfor građana. Očito je puno zahtjeva, a ne znamo koliko vremena, volje i sredstava imamo za to, a rok za djelovanje je sve kraći i kraći. Samo da ne nastupi panika.

Rezime autora

Isprobavajući nekoliko različitih modela umjetne inteligencije na temu klimatskih promjena bilo je napadno primjetno kako umjetna inteligencija uporno pokušava djelovati na čovjeka kao jedini faktor na koji može djelovati zbog njegove povećane proizvodnje ugljikovog dioksida. Umjetna inteligencija je uporno nametala razna ograničenja proizvodnje ugljikovog dioksida. Gotovo kao da je programirana u tom smjeru. Zanimljivo je da su moji asistenti u razgovoru na tu temu obojica odvojeno došli na ideju da bi trebali zasaditi šume jer one troše ugljikov dioksid a proizvode kisik (čak i manju količinu ozona). Moja mlađa kći koja studira biologiju predložila je da nahranimo plankton organskim željezom jer on tada ubrzano rase, pojačano troši ugljikov dioksid i pojačano proizvodi kisik. Zanimljivo je kako se umjetna inteligencija nije sjetila ni jednog od toga dvoga.

Literatura;

(1) Vladis Vujnović , „Astronomija“ , Školska knjiga, 1989.
(2) Earth, „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com , Mar 3, 2023
(3) Atmosfera , „Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža, www.enciklopedija.hr , 2021.
(4) Mjesec , „Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža, www.enciklopedija.hr , 2023.
(5) Science Blogs , The top 5 things we'd miss if we didn't have a Moon ; By esiegel on August 8, 2013
(6) Snowball Earth hypothesis , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com , Mar 04, 2022
(7) Smithsonian Environmental Research Center , Atmosphere , The Age of Oxygen ; https://forces.si.edu/atmosphere/02_02_06.html
(8) Ice age , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com , Mar 01, 2023
(9) ledeno doba , „Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža, www.enciklopedija.hr , 2021.
(10) wolcanic winter , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com
(11) Rachid Cheddadia, Matthieu Carré, Majda Nourelbaitd, Louis Françoise, Ali Rhoujjatif, Roger Manayc, Diana Ochoac, and Enno Schefuß , PNAS 2021 Vol. 118 No. 23 , www.pnas.org , May 31, 2021
(12) Peter B. deMenocal & Jessica E. , Green Sahara: African Humid Periods Paced by Earth's Orbital Changes , The Nature Education – Knowledge Project , www.nature.com/scitable/knowledge/library , 2012
(13) Sahara , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com
(14) Sajjad Choudhury , The Mysterious People That Lived in the Green Sahara , Medium , www.medium.com , Aug 15, 2021
(15) Mathieu Schuster, Claude Roquin, Philippe Duringer, Michel Brunet, Matthieu Caugy, Michel Fontugne, Hassan Taïsso Mackaye, Patrick Vignaud, Jean-François Ghienne , Holocene Lake Mega-Chad palaeoshorelines from space , Science Direct Volume 24, Issues 16–17, September 2005
(16) N.A. Drake, I. Candy, P. Breeze, S.J. Armitage, N. Gasmi, J.L. Schwenninger, D. Peat, K. Manning , Sedimentary and geomorphic evidence of Saharan megalakes: A synthesis , Science Direct Volume 276, 15 January 2022
(17) Younger Dryas , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com , Feb 11, 2023
(18) H.-J. Pachur , S. KrÖpelin , Wadi Howar: Paleoclimatic Evidence from an Extinct River System in the Southeastern Sahara , Science Vol 237, Issue 4812 , 17 Jul 1987
(19) eruption of Thera , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com , Feb 18, 2023
(20) Exodus , Old Testament , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com
(21) Boris V. Schmid https://orcid.org/0000-0003-0452-623X boris.schmid@gmail.com, Ulf Büntgen, W. Boris V. Schmida, Ulf Büntgenb, W. Ryan Easterdaya, Christian Ginzlerb, Lars Walløee, Barbara Bramantia, Nils Chr. Stenseth , Climate-driven introduction of the Black Death and successive plague reintroductions into Europe , PNAS , approved January 28, 2015, https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.1412887112
(22) Kyrre Linné Kausrud, Mike Begon, Tamara Ben Ari, Hildegunn Viljugrein, Jan Esper, Ulf Büntgen, Herwig Leirs, Claudia Junge, Bao Yang, Meixue Yang, Lei Xu, and Nils Chr Stenseth , Modeling the epidemiological history of plague in Central Asia: Palaeoclimatic forcing on a disease system over the past millennium , PubMed , 2010 Aug 27 , https://bmcbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1741-7007-8-112
(23) Kristine De Abreu , Apocalypse Then: The Volcanic Winter of 536AD , Explorersweb , https://explorersweb.com/ , July 18, 2022 , https://explorersweb.com/apocalypse-then-the-volcanic-winter-of-536ad/
(24) Ann Gibson , Why 536 was ‘the worst year to be alive' , Science , https://www.science.org/ , 15 Nov 2018 , https://www.science.org/content/article/why-536-was-worst-year-be-alive
(25) Mohenjo-Daro , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com , Feb 1, 2023

(26) Kyle Harper , The Fate of Rome , University of Oklahoma , 2018
(27) Kristine De Abreu , Exploration Mysteries: Collapse of the Moche , Explorerweb , https://explorersweb.com/ , November 1, 2022 , https://explorersweb.com/exploration-mysteries-collapse-of-the-moche/
(28) Moche , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com
(29) 6 Lost Civilizations , „Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com ,
(30) Mississippian culture , Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com ,
(31) Pre-Columbian Central America , „Encyclopedia Britannica“ , www.britannica.com
(32) Maya (people) , „Encyclopedia Britannica“ , www.britannica.com
(33) David Nield , What Triggered The Collapse of The Ancient Maya? A New Study Reads Like a Warning , Science Alert , www.sciencealert.com , 19 July 2022
(34) Easter Island , Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com , Mar 2, 2023
(35) The Khmer state (Angkor) , Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com ,
(36) Sun , Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com
(37) More , „Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža, www.enciklopedija.hr
(38) El niño , „Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža, www.enciklopedija.hr , 2021
(39) El niño , Encyclopedia Britannica“ . www.britannica.com , Mar 10, 2023
(40) La niña , „Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža, www.enciklopedija.hr , 2021
(41) Berger, A., *Milankovitch Theory and Climate,* Reviews of Geophysics, 26, 7(1988), str. 624-657
(42) Ivanović, M., *Tri eseja o znanosti*, Elektrotehnički fakultet, Osijek (2008)
(43) Ivanović, M., *Djelo Milutina Milankovića (1879.-1958.) među najznačajnijim znanstvenim postignućima XX. stoljeća*, dostupno na: http://www.panon.eu/tekst/hr/79/28%20Milankovic%20HAZU.pdf
(44) Milanković, M., *Kanon osunčavanja Zemlje i njegova primena na problem ledenih doba*, 1. i 2. dio, Zavod za udžbenike, Beograd (1997)
(45) Knežević, Z., *Milutin Milankovic and the Astronomical Theory of Climate Changes*, Europhysics News, 41 3(2010), str. 17-20
(46) Pantić, K. Nikola, *Milankovićevi klimatski ciklusi u savremenoj svetskoj nauci*, Anali 7, Zavod za znanstveni rad u Osijeku (1989)
(47) https://climate.nasa.gov/news/2948/milankovitch-orbital-cycles-and-their-role-in-earths-climate/
(48) Atmosphere , „Encyclopedia Britannica“ , www.britannica.com , Mar 24, 2023
(49) Svante Arrhenius , Encyclopedia Britannica“ , www.britannica.com , Feb 15, 2023
(50) Sarah Fetch , How Exactly Does Carbon Dioxide Cause Global Warming? , State of Planet - Columbia Climate School , FEBRUARY 25, 2021
(51) Graphic: The relentless rise of carbon dioxide , NASA – Global Climate Change , www.climate.nasa.gov , 2008
(52) Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide, NASA – Global Climate Change , www.climate.nasa.gov , JUNE 23, 2022
(53) carbon capture and storage , „Encyclopedia Britannica“ , www.britannica.com , Mar 20, 2023

Doc. dr Budimir Tojagić[1]

Stručni rad
UDK 007.52:624.131.55

VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U GRAĐEVINARSTVU

Abstract

Vještačka inteligencija (engleski: Artificial intelligence, skraćeno AI) je jedan od najvećih "izuma" modernog doba. Pod vještačkom inteligencijom podrazumijeva se svaki kompjuterski sistem koji imitira prirodnu inteligenciju kako bi izvršio određeni zadatak. Ovaj članak će istražiti različite primjene AI u građevinarstvu, izazove koji dolaze s implementacijom AI i budućnost AI u građevinarstvu.

Ključne riječi: umjetna inteligencija, ekspertni sistemi

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CONSTRUCTION

Abstract

Artificial intelligence (English: Artificial intelligence, abbreviated AI) is one of the greatest "inventions" of the modern age. Artificial intelligence means any computer system that imitates natural intelligence in order to perform a certain task. This article will explore the various applications of AI in construction, the challenges that come with implementing AI, and the future of AI in construction.

Keywords: Artificial intelligence, expert systems

Uvod u veštačku intelegenciju

Za razliku od drugih oblasti, u veštačkoj inteligenciji ne postoji saglasnost oko jedne definicije, nego ih ima više zavisno od različitih pogleda i metoda za rešavanje problema.Nije nimalo lako tačno definisati sadržaj i dostignuća veštačke inteligencije.Najvjerovatnije, jedna od najkraćih i najjednostavnijih karakteristika koja se pripisuje veštačkoj inteligenciji, parafrazirajući Marvina Minskog, (jednog od stručnjaka i najpoznatijih istraživača vještačke inteligencije), je „konstruisanje računarskih sistema sa osobinama koje bi kod ljudskih bića bile okarakterisane kao inteligentne“

1.Istorijat veštačke inteligecnije

Od davnina ljude privlači inteligencija - kako sam pojam inteligencije tako i mogućnost konstruisanja "inteligentnih mašina" koje bi mogle samostalno da rade. Takve primere možemo pratiti kroz istoriju. Međutim, tek pojavom prvog računara *"Electronic Numerical Integrator And Computer" (ENIAC)* koga su 1945-te godine izmislili Mauchly i J. Presper Eckert, može se govoriti o inteligentnim mašinama. U početku su računari bili namenjeni za izvršavanje računskih operacija ali vrlo brzo je uočeno da oni imaju daleko veće sposobnosti. Već prvi rezultati u primeni računara upućivali su na mogućnost računara da preuzme vršenje

[1] Evropski univerzitet Brčko distrikt BiH, www.eubd.edu.ba

određenih intelektualnih sposobnosti. Krajem 50-tih, sve do sredine 60-tih godina, problematika veštačke inteligencije bila je dosta rasplinuta između fantastike, mašte, potencijalnih mogućnosti i praktičnih ostvarenja. Ostvarivanjem praktičnih rezultata koji su našli primenu u privredi, veštačka inteligencija postaje interesantna za veliki broj naučnika različitih oblasti. Danas postoje realizovani sistemi koji su u stanju da autonomno obavljaju kompleksne probleme, kakve su jedino ljudi bili u stanju da obavljaju. U sprezi sa računarima, mašine postaju sposobne da rade samostalno, da upravljaju same sobom i da proizvode druge mašine, oslobađajući čoveka fizičkog i monotonog rada, prepuštajući mu rad na složenijim i kreativnijim poslovima. Jedna od najznačnijih ličnosti za oblast računarstva i informatike, ali i za postavljanje osnova veštačke inteligencije, je Alan Tjuring. Tjuring je, između ostalih dostignuća, 1950. godine osmislio test koji je trebalo da odgovori na pitanje da li mašine mogu razmišljati poput ljudi. Danas ovaj test znamo kao Tjuringov test. O veštačkoj inteligenciji je prvi put diskutovano kao o samostalnoj informatičkoj disciplini na konferenciji u Dartmutu (SAD) 1956. godine. Tada je i skovano ime za ovu oblast na predlog Džona Makartija. Pojam veštačka inteligencija (AI), nastaje leta 1956. godine u Dartmudu, Hanover (SAD), na skupu istraživača zainteresovanih za teme inteligencije, neuronskih mreža i teorije automata. Skup je organizovao Džon Makarti. Na skupu su postavljene osnove oblasti veštačke inteligencije i trasiran put za njen dalji razvoj. Danas se smatra da su koncept veštačke inteligencije postavili V. Mekulok i M. Pits, 1943. godine, u radu u kom se predstavlja model veštačkih neurona na bazi tri izvora: spoznaja o fiziologiji i funkcionisanju moždanih neurona, iskazna logika Rasela i Vajteheda, i Tjuringova komputaciona teorija. Nekoliko godina kasnije stvoren je prvi neuralni računar SNARC. Počev od osamdesetih godina, konstruišu se prvi komercijalni sistemi veštačke inteligencije, uglavnom tzv., ekspertski sistemi

2.Cilj istraživanja na polju veštačke inteligencije

Cilj istraživanja veštačke inteligencije je razvijanje programa (softvera), koji će računarima omogućiti da se ponašaju na način koji bi se mogao okarakterisati inteligentnim. Ideja o stvaranju mašina koje će biti sposobne da obavljaju različite zadatke inteligentno, bila je centralna preokupacija naučnika računarstva koji su se opredijelili za istraživanje veštačke inteligencije, tokom cele druge polovine 20. veka. Savremena istraživanja u veštačkoj inteligenciji su orijentisana na ekspertske i prevodilačke sisteme u ograničenim domenima, prepoznavanje prirodnog govora i pisanog teksta, automatske dokazivače teorema, kao i konstantno interesovanje za stvaranje generalno inteligentnih autonomnih agenata.

2.1.Veštačka inteligencija se može ugrubo podeliti na dva tipa:

-sisteme zasnovane na pravilima i
-sisteme koji uče (u ovu grupu se najčešće ubraja oblast mašinskog učenja).

U automatizaciji industrijskih procesa je često dovoljno imati sistem sa unapred zadatim skupom činjenica i pravila: robotska ruka u fabrici automobila ima repetitivan zadatak koji je isti svakog dana i ima relativno malo mogućih odstupanja.
S druge strane, danas pažnju izazivaju uglavnom sistemi koji uče iz podataka, kod kojih ne postoje eksplicitna uputstva za ponašanje. Umesto direktno saopštenih striktnih pravila, AI sistemi koriste velike količine podataka da nađu pravilnosti koje mogu da iskoriste da savladaju zadatak, što je sličnije načinu na koji ljudi uče. Prednost ovakvog pristupa, zasnovanog na učenju iz podataka, jeste što nije neophodno poimence pobrojati sve moguće scenarije i željene reakcije sistema u jednoj promenljivoj i kompleksnoj ljudskoj radnji.

Nakon definisanja cilja AI sistema, prvi korak u njegovom razvoju jeste prikupljanje odgovarajućih podataka za učenje. (U većini slučajeva, proces učenja podrazumeva određivanje parametara matematičkih modela koji donose odluke u novim situacijama na osnovu prethodno viđenih podataka). Baza podataka na osnovu koje se AI sistem obučava naziva se skup za obuku (engl. training dataset).
Zavisno od prirode problema, ulazni podaci mogu biti raznovrsni: slika, video, tekst, zvuk… Naravno, moguće je i kombinovati različite ulaze. Nakon što je obuka modela završena, potrebno je proveriti uspešnost AI sistema, kroz proces testiranja. U ovoj fazi se proverava koliko je obučeni model sposoban za generalizaciju tako što se izlaže novim podacima, iz skupa za testiranje, koji nisu korišćeni tokom obuke.

3.Važnost veštačke inteligencije

Trenutno se nalazimo u fazi tzv. Četvrte industrijske revolucije, u kojoj značajnu ulogu igra upravo veštačka inteligencija. Industrijske revolucije su periodi tokom kojih usled inovacija dolazi do nagle promene korišćenih alata i posledično promene na tržištu rada i u svakodnevnom životu. Broj oblasti u kojima se primenjuje veštačka inteligencija se poslednjih godina strmoglavo povećava, od automatizacije procesa u industriji i široke primene u IT sektoru, preko nauke i medicine do ekonomije i prava.
Nulti preduslov je postojanje odgovarajuće obrazovanih stručnjaka iz ove oblasti, što je delimično rešeno uvođenjem odgovarajućih fakultetskih predmeta i master studija iz AI. Drugo ograničenje je specijalizovana infrastruktura koja je neretko potrebna za obradu velike količne podataka koja se koristi u AI.

- Potpomognuta napretkom moderne nauke, istraživanja na polju veštačke inteligencije se razvijaju u dva osnovna smera:
  -psihološka i
  -fiziološka istraživanja prirode ljudskog uma, i tehnološki razvoj sve složenijih računarskih sistema.

U tom smislu, pojam vještačke inteligencije se prvobitno pripisao sistemima i računarskim programima sa sposobnostima realizovanja složenih zadataka, odnosno simulacijama funkcionisanja ljudskog razmišljanja. U toj sferi, najvažnije oblasti istraživanja su obrada podataka, prepoznavanje modela različitih oblasti znanja, igre i primijenjene oblasti, kao na primer medicina.

Osnovne tendencije danas, za razvoj sistema AI predstavljaju: razvoj ekspertskih sistema i razvoj neuronskih mreža. Ekspertski sistemi pokušavaju reprodukovati ljudsko razmišljanje preko simbola. Neuronske mreže to rade više iz biološke perspektive (rekreiraju strukturu ljudskog mozga uz pomoć genetskih algoritama). Uprkos složenosti oba sistema, rezultati su veoma daleko od stvarnog inteligentnog razmišljanja.

Mnogi naučnici su skeptici prema mogućnosti razvijanja istinske AI. Funkcionisanje ljudskog razmišljanja, još uvijek nije dublje poznato, iz kog razloga će informatički dizajn inteligentnih sistema, još duži vremenski period biti u suštini onesposobljen za predstavljanje tih nepoznatih i složenih procesa.

Istraživanja u AI su fokusirana na sledeće komponente inteligencije:

učenje, razmišljanje, rešavanje problema, percepcija i razumijevanje prirodnog jezika.

- Učenje

Postoji više različitih oblika učenja koji su primijenjeni na oblast veštačke inteligencije. Najjednostavniji se odnosi na učenje na greškama preko pokušaja. Jednom iznađeno rešenje,

program može zapamtiti poziciju i iskoristiti je sledeći put kada se nađe u identičnoj situaciji. Jednostavno pamćenje individualnih poteza i procedura - poznato kao mehaničko učenje - je vrlo lako implementirati u računarski sistem. Prilikom pokušaja implementacije tzv., uopštavanja, javljaju se veći problemi i zahtevi. Uopštavanje se sastoji od primene prošlih iskustava na analogne nove situacije.

- Razmišljanje

Razmišljanje je proces izvlačenja zaključaka koji odgovaraju datoj situaciji. Zaključci se klasifikuju kao deduktivni i induktivni. Najznačajnija razlika između ova dva načina zaključivanja je da, u slučaju deduktivnog razmišljanja, istinitost premise garantuje istinitost zaključka, dok u slučaju induktivnog razmišljanja istinitost premise daje podršku zaključku bez davanja apsolutne sigurnosti njegovoj istinitosti.

- Rešavanje problema

Rešavanje problema, naročito u veštačkoj inteligenciji, karakteriše sistematska pretraga u rangu mogućih akcija s ciljem iznalaženja nekog ranije definisanog rešenja. Metode rešavanja problema se dele na one posebne i one opšte namene. Metoda posebne namene je traženje adaptiranog rešenja za određeni problem i sadrži vrlo specifične osobine situacija od kojih se problem sastoji. Suprotno tome, metod opšte namene se može primeniti na širi spektar problema. Tehnika opšte namene koja se koristi u AI je metod krajnje analize, deo po deo, ili postepeno dodavanje, odnosno redukovanje različitosti između trenutnog stanja i krajnjeg cilja.

4.Dva glavna pravca razvoja veštačke inteligencije su:

- Proučavanje prirodne inteligencije (spoznavanje funkcija mozga, modeliranje rada mozga, simuliranje čovekovog ponašanja, reagovanja i rezonovanja).
- Postizanje inteligentnog ponašanja primenom drugačijih pristupa, kakvi se ne mogu sresti u prirodnim sistemima.

Veštačku inteligenciju prema pristupu rešavanja problema možemo klasifikovati na tri glavna pristupa i to su:

- neuronske mreže,
- modeliranje evolucije i
- heurističko programiranje.

Klasifikacija veštačke inteligencije prema vrsti rešavanja problema:

- sistemi za rešavanje čovekovih uobičajenih zadataka:
  - prepoznavanje slika i govora,
  - razumevanje, generisanje i prevođenje prirodnih jezika,
  - snalaženje u svakodnevnim situacijama,
  - primena u robotici.
- sistemi za rešavanje formalnih zadataka:
  - logičke igre,
  - matematička logika, geometrija, integralni račun,
  - osobine programa.
- sistemi za rešavanje ekspertnih zadataka:
  - konstruisanje, nalaženje grešaka, planiranje proizvodnje,
  - naučne analize i dijagnostika (biologija, medicina, hemija, pravo),
  - finansijska analiza,
  - programi za razvoj ovakvih sistema.

Tehnike koje pripadaju veštačkoj inteligenciji morale bi da koriste znanja koje su organizovana tako da omogućavaju:

- generalizaciju,
- predstavljanje i preslikavanje u formi razumljivoj ljudima,
- lako modifikovanje,
- da se koriste informacije koje nisu kompletne,
- da pomažu u smanjenju broja mogućnosti koje bi inače morale biti razmatrane (heuristike).

Prepoznavanje oblika je ključno za snalaženje u svakodnevnim situacijama, kako za žive tako i veštačke sisteme. Pri rešavanju problema vezanih za prepoznavanje oblika nastaju velike teškoće jer analogne signale koje primaju senzori/receptori sadrže veliki broj informacija, od kojih dobar deo sadrži šum, pa ti signali često nisu dovoljno jasni. Ovo otežava primenu računara za snalaženje u svakodnevnim situacijama.

4.1.Ekspertni sistemi su jedna od kategorije veštačke inteligencije

Ekspertni sistemi predstavljaju inteligentne računarske programe koji sadrže "ekspetsko" znanje to jest znanje kakvo bi imao i stručnjak (ekspert) iz te oblasti.
Ekspertni sistemi znanje smeštaju u bazu znanja koji se koristi preko mehanizama zaključivanja.
Razlog za primenu ekspertnih sistema je da znanje iz raznih specifičnih oblasti ljudske delatnosti postane dostupnije kroz primenu računarskih programa. Oni ne mogu potpuno zamenuti ljude eksperte, naročito u pogledu kreativnosti, i upotrebe opšteg znanja (iz običnog života i drugih oblasti), ali oni imaju i neke od prednosti nad ljudima.Ljudsko znanje može vremenom da se gubi naročito ako se često ne koristi.

4.1.1.Domeni primene ekspertnih sistema

Primena ekspertni sistemi se primenjuju u sledećim oblastima:

- upravljanje industrijskim procesima,
- praćenje rada medicinskih uređaja,
- autonomno kretanje vozila (na zemlji i vodi),
- automatski piloti,
- upravljanje satelitima,
- nadgledanje instalacija,
- operativno i taktičko upravljanje vojnim operacijama na bojnom polju,
- analize složenih finansijskih transakcija,
- naftnim platformama,
- za detekciju bušotina nafte

5. Primena informacionih tehnologija u građevinarstvu

Građevinarstvo je složen proces i ono se sastoji od većeg broja različitih aktivnosti: projektovanje, inženjering, izgradnju i održavanje objekta. Za te aktivnosti potrebna su različita multidisciplinrna znanja kao i druge specijalizovane tehničke veštine.Građevinarstvo se bazira na visokim tehnologijama i u velikoj meri zavisi od efikasne razmene informacija.

Uvođenje informacionih tehnologija u građevinarstvo je izuzetno sporo. Do pre neke godine razmena informacija u građevinarstvu uglavnom se zasnivala na dopisima,radnim sastancima i sl. Primena računara u građevinstvu je mnogo manja nego u drugim oblastima ekonomije.

Početkom devedesetih godina, u široku upotrebu su ušli personalni računari. Korišćenje računara u oblastima projektovanja i proračuna konstrukcija započelo je odmah pošto je to bilo tehnički izvodljivo.

5.1.Građevinska proizvodnja i primena informacionih tehnologija

Informaciona tehnologija (IT) prema Američkoj asocijaciji za IT obuhvata „izučavanje, razvoj, implementacija i podrška ili upravljanje računarskim informacionim sistemima, softverskim aplikacijama (kompjuterskim programima) i hadverom (kompjuterskom opremom).''
Informacioni sistem (IS) je integrisani skup komponenata za prikupljanje, obradu, čuvanje i prenošene informacija.Sastoji se od hardvera, softvera, baza podataka, telekomunikacija i ljudskih resursa. Baza podataka je skup povezanih podataka organizovanih na najpogodniji način za korišćenje. Podatak predstavlja poznatu činjenicu koja se može registrovati i koja ima određeno značenje. Informacija je primljena i shvaćena poruka o nekim do tada nepoznatim činjenicama

- Građevinska proizvodnja se može predstaviti kao skup tehnoloških ostrva gde je svaki učesnik u projektu ekspert u svojoj oblasti.
- Građevinska proizvodnja je radno intenzivna i ne može biti potpuno automatizovana: Koncept proizvodne linije se ne može u potpunosti primeniti u građevinarstvu.

Problemi koji se javljaju tokom realizacije građevinskog projekta najčešće se rešavaju na osnovu znanja i iskustva profesionalaca i eksperata.Pošto ovi problemi imaju visok stepen neizvesnosti, informacione tehnologije mogu da pruže neophodnu pomoć za njihovo prevazilaženje. U tom slučaju ključnu ulogu mogu da odigraju ekspertni sistemi, sistemi zasnovani na znanju i izvršniim formacionim sistemima

5.2.Informacione tehnologije kao podrška pri donošenju odluka u građevinskim firmama

Primenom informacionih tehnologija u građevinarstvu, građevinska
firma imaće veoma važnu pomoć prilikom analize i upravljanja procesom izgradnje objekta, što uključuje:

- donošenje odluka prilikom projektovanja, inžinjeringa,
- analize performansi objekta,
- planiranju neophodni resursa i njihovim upravljanjem, izradi predračuna
- dinamičkog plana izvođenja radova.

Takođe, sistem za podršku pri donošenju odluka obezbediće i neophodnu strukturu za prikupljanje i akumulaciju znanja koja se, u povratnoj
sprezi, mogu koristiti pri realizaciji sledećih projekata.

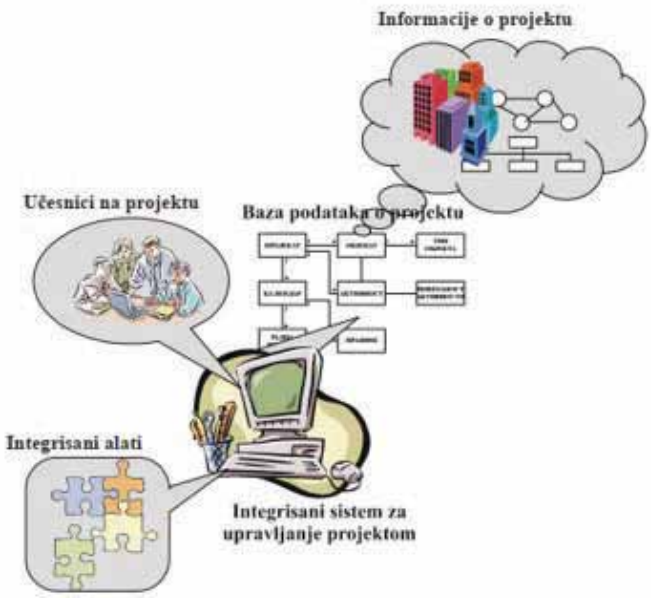
5.3. Informacioni sistem za planiranjei kontrolu realizacije projekata u građevinarstvu

Tokom realizacije projekta u građevinarstvu javlja s e veliki broj učesnika koji u projektu učestvuju u različitim fazama realizacije. Da bi tim, koji se sastoji od projektanata, inženjera i menadžera, funkcionisao efektivno neophodno je obezbediti prave informacije, pravim korisnicima u pravom formatu i u pravo vreme.
Da bi se olakšalo prikupljanje i čuvanje informacija tokom realizacije projekta, neophodno je razviti integrisani sistem za upravljanje projektom. Ovakav system bi dozvolio zajedničko korišćenje informacija od strane svih učesnika tokom realizacije projekta, a u sebi bi sadržao veći broj aplikacija koje bi se koristile u različitim fazama izgradnje objekta.

Osnovne karakteristike ovog sistema su:

- sveobuhvatnost: sistem obuhvata veći broj aplikacija koje podržavaju sve funkcije upravljanja projektom izgradnje objekta.
- integrisanost: sve aplikacije doprinose i koriste zajedničke informacije o realizaciji projekta,

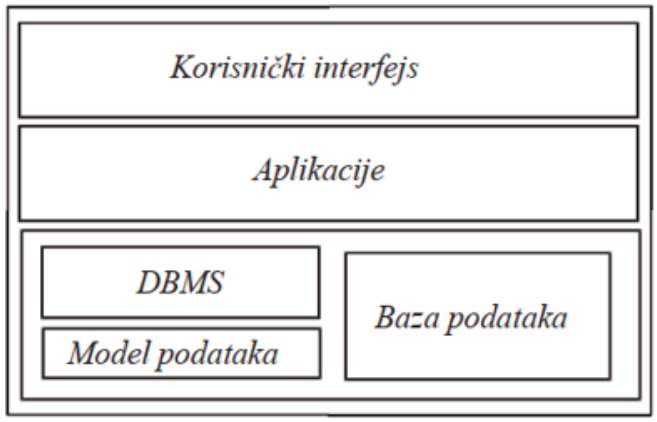
Međutim, neke podatke zajedno koristi više aplikacija, što dovodi do problema integracije sistema.Zbog toga je Froese,Rankin i Yu predložio koncept sistema totalnog projekta (integrisanog sistema za upravljanje projektima) u kome se informacije zasnivaju na zajedničkom modelu podataka (*Slika 1*).



Sl.1.Koncept sistema totalnog projekta,Froese

Sveobuhvatnost ovakvog sistema ogleda se u činjenici da sistem podržava veći broj aplikacija za upravljanje projektima u građevinarstvu. Sve aplikacije koriste zajedničke informacije o projektu koje su smeštene u jednoj ili više baza podataka koje prestavljaju srž informacionog sistema. Korisnici jedino treba, kroz interfejs, da upute sistemu zahtev za određenim informacijama a sistem će sam da pronađe i pokrene odgovarajući modul i vrati tražene

podatke.Sistem totalnog projekta se može prikazati kao na *slici 4*. Integrisani alati predstavljaju "kutiju sa alatima" koja sadrži sve raspoložive aplikacije čiji se izbor vrši kroz interfejs. Sistem svakom alatu obezbeđuje neophodne podatke iz zajedničke baze podataka o projektu.



Sl.2 Komponente Sistema totalnog projekt

Osnovni element integrisanih alata je računarski podržano planiranje gradnje objekta (*CACP – Computer assisted construction planing*).
Računarski podržano planiranje gradnje objekta dozvoljava planiranje gradnje objekta u vidu integrisanih alata za upravljanje projektima i to tako što se u okviru sistema čuvaju informacije neophodne za planiranje gradnje datog objekta kao i sve relevantne informacije o prethodnim projektima. Sve informacije su takvog formata da ih mogu koristiti različite aplikacije. Rezultati dobijeni na osnovu primene ovakvih aplikacija mogu da se koriste u drugim, specijalizovanim alatima za upravljanje projektima. Osnovne komponente uspešnog sistema su praktični interfejs i uopšteni prilaz problemu.

5.Primena veštačke inteligencije u građevinarstvu

Upotreba AI u građevinarstvu je relativno nova, ali njena sposobnost da revolucionizuje industriju je značajna.

AI ima razne primene u građevinarstvu, neke od kojih su:

1. Planiranje i projektovanje
   AI se koristi u planiranju i projektovanju kako bi se olakšala optimizacija projekata i smanjili troškovi.
2. Praćenje i upravljanje gradilištem
   AI se koristi za nadzor gradilišta i upravljanje radnicima i opremom. Korišćenjem senzora, kamere i drugih uređaja, AI može analizirati kretanje ljudi i opreme na gradilištu, otkrivati nedostatke u izgradnji.
3. Procena rizika AI se koristi za procenu rizika u građevinarstvu.
   Ova tehnologija omogućava analizu velikih količina podataka kako bi se predvideli potencijalni rizici i smanjili troškovi.
4. Održavanje

AI se koristi za održavanje zgrada i infrastrukture. Ova tehnologija omogućava nadzor sistema za grejanje, hlađenje, ventilaciju i rasvetu, kao i nadzor stanja zgrada.

Izazovi sa implementacijom veštačke inteligencije u građevini.

Iako je primena AI u građevinarstvu puna potencijala, postoje izazovi koji dolaze sa njegovom implementacijom. Neki od tih izazova uključuju:

1. Skupi alati i resursi Implementacija AI zahteva velike količine finansijskih resursa i stručnog kadra.
2. Nedostatak standardizacije AI tehnologija je još uvek u razvoju i nedostatak standardizacije predstavlja problem u primeni AI u građevini.
3. Nepouzdanost podataka. Podaci koji se prikupljaju mogu biti nepouzdani ili nedovoljni, što može dovesti do grešaka u projektovanju ili planiranju. Stoga, mora se osigurati pouzdanost i kvalitet podataka koji se koriste za primenu AI.
4. Kultura otpora prema promenama. Uvođenje nove tehnologije u industriju uvek nailazi na otpor od strane radnika i menadžmenta koji su navikli na tradicionalne metode rada.

5.1.Ulaganja u primenu veštačke inteligencije u Građevinarstvu

Kao i kod svake nove tehnologije, postoje izazovi i rizici koji se moraju rešiti kako bi se osigurala njena pravilna primena. Jedan od tih izazova je i nepouzdanost podataka koji se koriste u primeni AI u građevini.

Nepouzdanost podataka može nastati iz različitih razloga. Građevinski projekti uključuju veliku količinu podataka koji često nisu potpuni ili precizni, što može dovesti do nepouzdanih rezultata kada se primjenjuju AI tehnologije.Još jedan uzrok nepouzdanosti podataka može biti neusklađenost podataka.

Drugi uzrok nepouzdanosti podataka može biti greška u prikupljanju podataka. Prikupljanje podataka za građevinski projekt uključuje korištenje različitih senzora, softvera i drugih alata. Ako se ovi alati ne koriste pravilno, mogu se javiti greške u prikupljanju podataka, što dovodi do nepouzdanih informacija.

Također, jedan od uzroka nepouzdanosti podataka može biti nedovoljna kvaliteta podataka. Na primjer, podaci mogu biti zastareli ili neodgovarajući za trenutni projekat.

Kako bi se smanjila nepouzdanost podataka u primeni AI u građevini, potrebno je osigurati da se podaci prikupljaju, skladište i koriste na pravilan način. Ovo uključuje uspostavljanje standarda za prikupljanje i skladištenje podataka, kao i korištenje softverskih alata koji omogućavaju analizu i obradu podataka.

Ulaganje u veštačku inteligenciju (AI) u građevini postaje sve popularnije, a razlozi za to su brojni. AI omogućava analizu velikih količina podataka, automatizaciju procesa, predviđanje potencijalnih problema i unapređenje efikasnosti u građevinskim projektima. Ovo su sve faktori koji mogu doprineti smanjenju troškova i poboljšanju kvaliteta izvođenja.

Jedna od primene AI u građevini je korištenje senzora i podataka o temperaturi, vlazi, pritisku, brzini vetra, itd. kako bi se pratilo stanje konstrukcije i predvideli potencijalni problemi. Ovo omogućava bolju planiranost održavanja, smanjenje rizika od neplaniranih kvarova i povećanje trajnosti građevine.

Druga primjena AI u građevini je korištenje algoritama mašinskog učenja kako bi se analizirali podaci o potrošnji energije, vremenu izvođenja radova, korišćenju materijala, itd.

Ovo omogućava bolje planiranje budžeta, smanjenje nepotrebnih troškova, povećanje efikasnosti radova i bolje upravljanje projektima.

Ulaganje u AI također može dovesti do razvoja novih tehnologija i inovacija u građevini. Primeri su robotizacija građevinskih radova, korišćenje dronova za inspekciju i nadzor gradilišta, te korišćenje virtualne i proširene stvarnosti u planiranju i dizajniranju projekata.

Međutim, ulaganje u AI u građevini zahteva značajna finansijska sredstva i stručnost. Kompanije moraju biti spremne da ulože u nabavku i implementaciju AI tehnologije, uspostave standarde i procedure, osiguraju pouzdanost i kvalitet podataka, te pruže obuku i podršku zaposlenima. Također, potrebno je voditi računa o zaštiti podataka i privatnosti.

Ulaganje u AI u građevini može se isplatiti dugoročno kroz smanjenje troškova, poboljšanje kvalitete i trajnosti građevina, te stvaranje mogućnosti za dalji razvoj i inovacije u industriji. Međutim, potrebno je pažljivo planiranje i implementacija kako bi se postigli željeni rezultati.

5.2.Problemi sa nedostatkom standardizacije

Nedostatak standardizacije znači da različiti proizvođači koriste različite algoritme i metode koji mogu dovesti do različitih rezultata i neusklađenih interpretacija podataka.

Jedan od primera ovog problema je primena AI u predviđanju životnog veka građevinskih konstrukcija.

Još jedan primjer nedostatka standardizacije je primena AI u analizi rizika i sigurnosti građevinskih projekata.

Nedostatak standardizacije također može otežati primjenu AI u oblastima kao što su nadzor kvalitete i upravljanje projektima.

Kako bi se rešio ovaj problem, potrebno je uspostaviti standarde i procedure za primenu AI u građevini. Ovo bi uključivalo definiranje standarda za korištenje AI u različitim oblastima građevinske industrije, kao i uspostavljanje standarda za interpretaciju i obradu podataka. Također bi bilo potrebno uspostaviti procedure za verifikaciju softvera i algoritama koji se koriste u građevini kako bi se osigurala usklađenost sa standardima i propisima.

Uz standardizaciju, potrebno je uložiti u obuku i edukaciju inženjera i drugih stručnjaka u građevini kako bi se osigurala pravilna primjena AI tehnologije.

Uz navedeno, nedostatak standardizacije može dovesti i do problema u prikupljanju i obradi podataka.

U zaključku, primena AI u građevini je u porastu i pruža mnoge prednosti za industriju. Međutim, nedostatak standardizacije predstavlja ozbiljan problem koji može dovesti do nepouzdanih i neusklađenih rezultata. Potrebno je uložiti napore u uspostavljanje standarda i procedura za primjenu AI u građevini, kako bi se osigurala pouzdanost i usklađenost podataka. Također, obuka i edukacija stručnjaka je neophodna kako bi se osigurala pravilna primena ove tehnologije. Samo na taj način se može osigurati da AI tehnologija bude korištena na najbolji način u građevini i da se postignu njene maksimalne koristi za industriju i društvo u celini.

5.3.Budućnost primene veštačke inteligencije u građevini

Primena AI u građevini tek počinje, ali njen potencijal je ogroman. Kako se tehnologija razvija, očekuje se da će AI sve više biti korišćena u građevini. Ova tehnologija će omogućiti brže projektovanje i planiranje, veću efikasnost, smanjenje troškova i povećanje bezbednosti.

AI će takođe omogućiti analizu velikih količina podataka, predviđanje potencijalnih problema i automatizaciju procesa.

6. Praktični AI projekti

Projektima iz oblasti veštačke inteligencije uglavnom prethodi jedna istraživačka faza.. Oblast se konstantno razvija i usavršava, tako da je nivo progresa izvan svih očekivanja. Zato i jeste važno pre započinjanja projekta, osvežiti trenutna znanja.

Važno je napomenuti da je razvoj AI proizvoda zahtevna investicija, kako u pogledu vremena i ljudi, tako i neophodne infrastrukture i računarskih resursa.

Nakon inicijalne ideje, pristupamo narednim fazama razvoja AI proizvoda:

- **Definisanje projekta** (engl. *project scoping*)
- **Upravljanje podacima** (engl. *data management*)
- **Razvoj ML modela** (engl. *ML model development*)
- **Spuštanje modela u produkciju** (engl. *ML model deployment*)
- **Nadzor performansi rada modela i održavanje** (engl. *monitoring and maintenance*)

Definisanje projekta - sa ovom fazom nastavljamo nakon inicijalne ideje. Razmatra se izvodljivost projekta u okvirima trenutnih tehnoloških ograničenja, potrebnog kadra, raspoloživošću podataka. Takođe je izrazito bitno postaviti kriterijume prema kojima ćemo meriti uspešnost projekta, određivanje KPI-eva (engl. Key Performance Indicators).

Upravljanje podacima-u ovoj fazi je izuzetno važno adresirati dva procesa: prikupljanje podataka i njihova organizacija. Za razvoj uspešnog AI proizvoda, kvalitetni (relevantni) podaci su ključni.

Razvoj ML modela-u zavisnosti od prirode problema postoje različite grupe algoritama veštačke inteligencije koji su nam na raspolaganju

Nakon izbora jednog, a često i više algoritama, pristupamo procesu njihovog treniranja na podacima sa kojima raspolažemo. U prvoj fazi podatke delimo u dve grupe, podatke za trening i podatke za validaciju. Podatke za trening koristimo da bismo trenirali i optimizovali pojedinačne algoritme. Svaki od algoritama ima neke (hiper)parametre kojima se kontroliše i upravlja rad algoritma. Nakon podešavanja parametara za svaki od algoritama pojedinačno, pristupa se njihovom međusobnom poređenju korišćenjem validacionog skupa. U zavisnosti od toga koju smo metriku izabrali da bude dominantna, što opet zavisi od specifičnog slucaja, vršimo odabir modela sa najboljim performansama.

Spuštanje modela u produkciju

Pod "spuštanjem modela u produkciju", podrazumevamo proces prilikom kog naš model (koji pojednostavljenja radi, možemo da zamislimo kao jedan ili kao grupu fajlova) stavljamo na produkcioni server gde je dostupan glavnoj aplikaciji. Pored modela u produkciji, potrebno je podići i zasebne servise koji će motriti na rad modela, beležiti novopristigle podatke, itd**.**

Nadzor perfomansi rada modela i održavanje

Kad je model konačno u produkcionom okruženju, tad tek započinje "pravi" životni ciklus jednog AI proizvoda. Nakon ove tačke započinje proces prikupljanja realnih podataka i

validacija sa trenutno aktuelnim modelom. Prilikom tog procesa beležimo performanse rada modela (broj zahteva po sekundi, tačnost predikcije itd.). Nakon određenog vremena pristupa se re-treniranju modela, gde se novoprikupljeni podaci koriste za ponovni trening modela. Neretko se prave kombinacije podataka za trening, sa različitim udelom starih i novih podataka i naknadno odlučuje koji će od tih modela završiti nazad u produkciji

7.Građenje mostova

Građenje mostova predstavlja poseban inženjerski izazov. Donedavno građenje mostova se sprovodilo isključivo na skelama, koje su ponekad bile unikatne građevine, često složenije od samog mosta.U novo vreme težnja za brzom i jeftinom izgradnjom dovela je do razvoja čitavog niza postupaka koji pojednostavnjuju i pojeftinjuju izgradnju. Konkretni odabir postupka gradnje ovisi o više činilaca, a često je merodavni činilac oprema i tehnologija Kojima raspolaže firma koja most gradi.

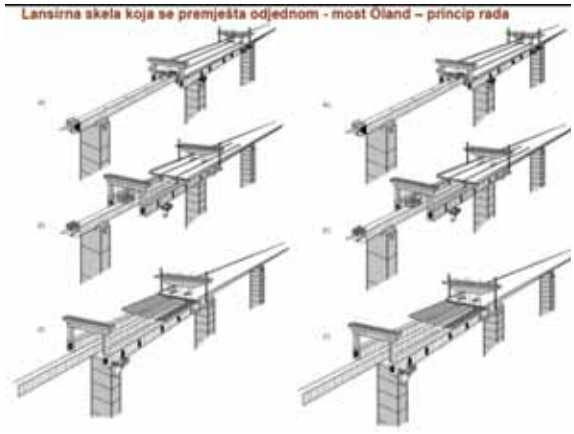
- Stanoviti postupci gradnje utiču i na konstruktivni sistem mosta, pri čemu se znatno razlikuju mostovi izvedeni na fiksnim skelama od mostova izgrađenih modernim postupcima.
- Kod gradnje mostova često se naglasak stavlja na gradnju rasponske konstrukcije, mada i izvođenje temelja nije za stavljanje u drugi plan.
- Bitno je poznavati što više uhodanih i posebnih načina izvođenja mostova da bi mogli oceniti koji je način najprikladniji sa stanovišta svih bitnih zahteva za most.

7.1.Metod izvođenja mostova pomoću lansirnih skela

Gredni mostovi velikih dužina, kad je tlo neravno, a most visoko uzdignut iznad tla, izvode se pomoću čeličnih lansirnih skela, betoniranjem polje po polje. Ovim postupkom izvode se mostovi do cca 50 m raspona, jer sa povećanjem raspona znatno raste cena lansirnih skela. Lansirne se skele oslanjaju u pravilu samo na stubove mosta, a iznimno se u jednom većem rasponu mogu osloniti i na privremeni stub. U svetu je razvijen i patentiran veliki broj različitih sistema lansirnih skela, ali se svi uglavnom zasnivaju na dva principa rada:

- skela se u sledeće polje premešta (lansira) u delovima,
- skela se u sledeće polje premešta (lansira) odjednom.

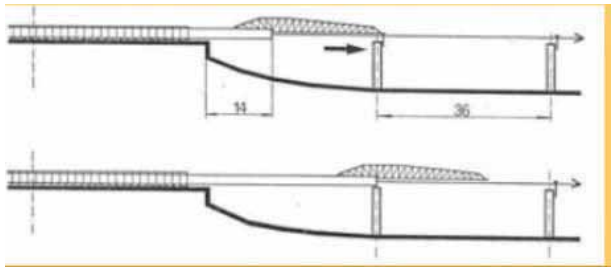
Izrada jednog polja obično traje dve nedelje. Prednost rebrastih poprečnih preseka naspram sandučastih, je u tome da se čitava oplata može premestiti skupa sa skelom, dok se kod sanduka unutrašnja oplata mora posebno transportirati, čime se značajno povećavaju troškovi



7.2.Metod izvođenja mostova postupkom navlačenja(potiskivanja)

Čitavu rasponsku konstrukciju ili pojedine njezine sektore možemo izraditi na obali, a zatim ih uzdužno premeštati na njihova konačna mesta na mostu.Ovisno o tome da li se konstrukcija sistemom užadi i vitala navlači, ili se sistemom preša gura na svoje mesto govorimo o postupku navlačenja ili potiskivanja.Tehnološki proces je sledeći: iza upornjaka betonira se dio rasponske konstrukcije dužine 10-30 m (l/4 – l/2) u posebno konstruiranoj oplati. Nakon otvrdnjavanja betona obavlja se prednaprezanje i potom se konstrukcija preko teflonskih ležajeva potiskuje naprijed pomoću hidrauličkih preša. Na čelu prvog odsečka pričvršćen je čelični kljun

Sledeći odsečak betonira se izravno na stražnje čelo prethodnog, a armatura prolazi kroz radnu rešku. Postupak se ponavlja po taktovima,



koji u pravilu traju nedelju dana. Kad je konstrukcija u konačnom položaju prednaprežu se kablovi za upotrebljeno opterećenje. Kontinuitet odsečaka se postiže mekanom i prednapetom armaturom. Iako je postupak prikladan za gredne sklopove, u praksi je bio primijenjen iza neke drugačije sisteme nosača. Postupak je racionalan za mostove dužine veće od 150 m i s najmanje 3 polja. Rasponi se mogu kretati od 30 do 140 m, ali se ne smiju međusobno znatno razlikovati. Ako je razlika u rasponima velika, tada se izvode privremeni stubovi koji se nakon izvošenja celokupne konstrukcije ruše, ili se na konstrukciji izvodi pomoćni stub (pilon) s kosim zategama. Ovaj postupak primjenjiv je, osim za mostove u pravcu i za mostove s konstantnom horizontalnom zakrivljenošću (mostovi u kružnim krivinama). Iako je najjednostavnije izvoditi mostove konstantnog poprečnog preseka, postoje patenti po kojima se ovim postupkom mogu izvoditi i mostovi promjenjivog poprečnog presjeka.

Građenje mostova...

Dakako da opisanim načinima nisu iscrpljene sve mogućnosti građenja mostova. Neki postupci građenja predstavljaju originalna rešenja koja su iskorištena samo na jednom mostu i nikad više. Dakako da nije moguće dati ni najbolji postupak građenja. Za svaki most on je svojstven samo njemu i jedino inženjerska ingenioznost i pravilan način razmišljanja mogu inženjera dovesti do optimalnog načina gradnje

7.1.Izvođenje metalnog mosta u bohinjskoj beli na reci sava

Po zadatom projektu bilo je potrebno uraditi metalnu konstrukciju na već urađenim betonskim stubovima.Metalna konstrukcija se sastoji od dva podužna rešetkasta nosača,povezani poprečnim čeličnim gredama.Srednji stubovi su visine 10m.Raspon mosta je 13,4m + 37,5m + 13.4m. Dinamika gradnje je bila planirana 44 dana.

Tehnologija izvođenje mosta je bila planirana metodom potiskivanja.Pristupni putevi mostu nisu bili izgrađeni tako da je prakticno most trebalo uraditi u klisuri.Pristup radu se svodio samo na pešacki pristup.Doprema konstrukcije mosta se prakticno svodila na ručni rad.Nije se mogla koristiti ni jedna pomoćna mašina:dizalice,plivajuće dizalice i dr.

Buduća konstrukcija mosta se prakticno sastoji od čelicnih rešetki,delova visećeg vojnog mosta.

Tehnološki proces je sledeći:
Čitava rasponska rešetkasta konstrukcija se izrađuje na obali, a zatim se podužno potiskivanjem premešta na njeno konačna mesta na mostu. Prvo se na obali uradi od dva rešetkasta nosača jedno polje budućeg mosta a u međurasponu glavnih resetki mosta formira se čelični kljun .

Čelični kljun se praktično radi od istih osnovnih čelicnih rešetki mosta.Zatim se čelični kljun gura u meduraspon budućeg mosta ,s tim da se na njega pozadi dodaje sukcesivno njegov nastavak.Pošto sad konstrukcija radi statički kao konzola dodaje se kontrateret na početak izgradnje mosta.Prva faza izgradnje mosta,tj.njegovo premoštavanje prvog raspona je kritična zbog ostvarivanja kontra terete čeličnog kljuna koji se gura u prazan prostor.Guranje čeličnog kljuna u veći raspon mosta je sledeća faza kad se ona završi onda se dodaju glavne rešetke nosaci budućeg mosta isto prklizavanjem.Prilicno zahtevan zadatak a i dosta rizičan.Sve se ovo odvijalo 1985.godine.

Medutim,i dan dans ne znam zašto, predložio sam drugi metod izgradnje mosta.Nisam imao neko veliko iskustvo u građevinarstvu ali sam posedao veliko teorisko znanje.Moj metod je prihvaćen i dopušteno mi je da ga i izvedem.Svo vreme nisam imao na raspolaganju nikakvu mogućnost provere računice u fazi izvodenja konstrukcije,praktično sam isti izvodio kako sam i zamislio,mada sam svo vreme zamisljao da mi buduće odluke u fazi izgradnje mosta dolaze negde iz „magle„(baze podataka).

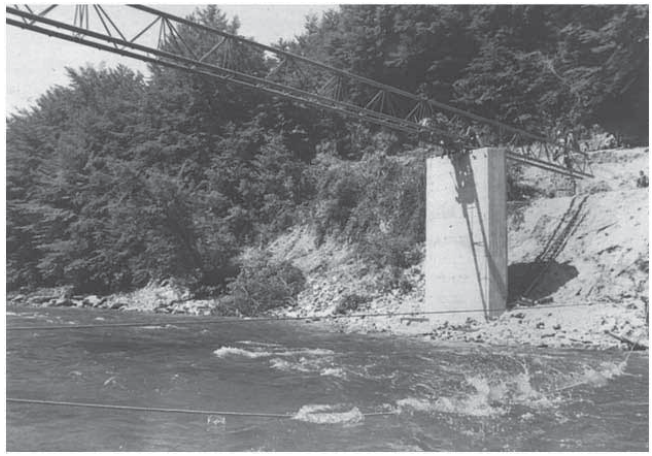
Tehnologija izvođenja po meni bila je jednostavna:

Prvo se formira na obali kompletan celicni kljun,koji je bio mase 12 t

Zatim se isti postavi na postojeće betonske stubove koji su na rastojanju 34,5m.Postavljanje čeličnog stuba izvršeno je uz pomoć helikoptera.

To je urađeno prvi dan i ta faza operacije trajala je 5h.

Drugi radni dan odrađen je rutinski,dodavani su glavni čelični rešetkasti nosaci i isti su potiskivani,ali sad potiskivanje je bilo lako jer je raspon mosta peremošten čeličnim kljunom prethodnog dana.Dakle montaža rasponske konstrukcije mesto 44 dana trajala je samo10h.



Zaključak

Susreti sa Vestačkom inteligencijom su svakodnevni, njen razvoj je raznovrstan i sve primene njenog razvoja su celishodne ali ipak ne treba zaboraviti da zamisljena pojmovno veštačka inteligencija je još daleko ostvariva.

Primena veštačke inteligencije u građevini ima potencijal da transformiše industriju. AI omogućava optimizaciju projekata, smanjenje troškova, povećanje efikasnosti i bezbednosti.

Međutim, izazovi u primeni AI uključuju nedostatak standardizacije, nepouzdanost podataka i otpor prema promenama. U budućnosti se očekuje da će primena AI u građevini biti sve više korišćena, što će dovesti do daljeg razvoja i inovacija u industriji.

Kako bi se izazovi u primeni AI prevazišli, potrebno je da kompanije budu spremne da ulože finansijska sredstva i stručnost u nabavku i implementaciju AI tehnologije. Takođe, važno je da se uspostave standardi i procedure kako bi se različiti AI sistemi integrirali i uspešno funkcionisali. Pouzdanost i kvalitet podataka takođe treba da bude prioritet, kao i obuka i podrška zaposlenima u tranziciji ka primeni AI.

U budućnosti, AI će biti sve više prisutna u građevini i omogućiće analizu velikih količina podataka, predviđanje potencijalnih problema i automatizaciju procesa. Takođe, AI će pomoći da se unapredi efikasnost i smanje troškovi, čime će se stvoriti mogućnosti za dalji razvoj i inovacije u industriji.

9. LITERATURA

[1] AHMAD, I, U., RUSSELL, J., ABOU-ZEID, A., *"Information technology (IT) and integration in the construction industry"*, Construction Management and Economics, 13, pp 163 –171, 1995. [2] FINCH, E., *Net Gain in Construction*, ButterworthHeinemann, 2000.
[3] FROESE, T., RANKIN, J., YU, K., "*Project management application models and computer-assisted construction planning in total project systems"*, Intern. Joural.of Construct.Information. Technology. 5, pp 39 – 49, 1997.
[4] PRAŠČEVIĆ, N., *Informacioni sistem za planiranje i praćenje realizacije projekta u građevinarstvu*, Doktorska disertacija,Građevinski fakultet, Beograd, 2004.
[5] RANKIN, J. H., FROESE, T. M., *"Information population of an integrated construction management system"*, Comp. – Aided Civil and Infrastr. Engin., 17, pp 256 – 268, 2002

[6] Devedžić Valdan: "Ekspertni sistemi za rad u realnom vremenu", Institut "Mihajlo Pupin", Beograd, 1994.
[7] Dragan Bojović, Dušan Velašević, Vojislav Mišić, "Zbirka Zadataka iz Ekspertnih Sistema", Elektrotehnički fakultet, Beograd, 1996
[8] Tatjana Nikolić, Mateja Opačić: "Veštačka inteligencija i neuronske mreže", IBN Centar, Beograd, 1995.
[9] Dušan Tošić, Radivoj Protić: "Prolog kroz primere", Tehnička knjiga, Beograd,
[10] Petar Hotomski, "Sistemi Veštačke inteligencije", Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 1995.
[11] Pero Subašić: "Fazi logika i neuronske mreže", Tehnička Knjiga, Beograd, 1998.
[12] Petar Hotomski, Marija Kujačić: "Matematička logika i principi programiranja", Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 1992.
[13] Srđan Milenković: "Veštačke neurnoske mreže", Zadužbina Andrejević, Beograd, 1997

Linkovi

Neural Networks at Pacific Northwest National Laboratory
http://www.emsl.pnl.gov:2080/proj/neuron/neural/neural.homepage.html

Carnegie Mellon University (CMU)
http://www.cs.cmu.edu

Frequently asked questions about AI
http://www.cs.cmu.edu/Web/Groups/AI/html/faqs/ai/ai_general/top.html

Neural Network Frequently asked questions
ftp://ftp.sas.com/pub/neural/FAQ.htm

29.03.2023.Brčko Doc.dr.Tojagić Budimir dipl.ing.građ.

Срђан Љубојевић[1]
Доц. др Дејан Миљановић[2]
Срђан Димић[3]
Тибор Фазекаш[4]

Оригинални научни рад
УДК 004.896:007.52(497.6)
УДК 004.896:007.52(497.6)

ПРИМЕНА ВЕШТАЧКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА ПРИ ИЗБОРУ РУТЕ ЗА ТРАНСПОРТ ОПАСНЕ РОБЕ

Резиме

Један од кључних проблема одлучивања приликом транспорта опасне робе је избор руте за транспорт. Често је у пракси решење проблема засновано на искуству и једнокритеријумском приступу. У раду је приказан хибридни модел заснован на вештачким неуронским мрежама и метахеуристичком приступу избору руте за транспорт опасног терета. Модел је примењен на студији случаја (на примеру реалног транспорта експлозива). Добијени резултати потврђују примењивост предложеног модела. Уз одређене модификације, у домену избора критеријума и адаптације у начину њиховог третирања, модел избора руте је примењив на све проблеме сличног карактера и проблеме рутинга уопште.

Кључне речи: Вештачке неуронске мреже, транспорт опасне робе, избор руте

AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS APPLICATION TO DANGEROUS GOODS ROUTE SELECTION

Abstract

One of the key decision-making problems when transporting dangerous goods is the choice of the transport route. Often, in practice, the solution to the problem is based on experience and a single-criteria approach. The paper presents a hybrid model based on artificial neural networks and a metaheuristic approach to choosing a route for transportion of dangerous goods. The model was applied to a case study (the example of real transport of explosives). The obtained results confirm the applicability of the proposed model. With certain modifications, in the domain of selection of criteria and adaptation in the way of their treatment, the route selection model is applicable to all problems of a similar character and routing problems in general.

Keywords: Artificial Neural Networks, Transport of dangerous goods, Route Selection

[1] Универзитет одбране у Београду – Војна академија, Факултет за економију и инжењерски менаџмент (ФИМЕК), Нови Сад, srdjan.ljubojevic@va.mod.gov.rs
[2] Универзитет одбране у Београду – Војна академија, Факултет за економију и инжењерски менаџмент (ФИМЕК), Нови Сад, srdjan.dimic@mod.gov.rs
[3] Факултет за економију и инжењерски менаџмент (ФИМЕК), Нови Сад, ftibi9@gmail.com

1. УВОД

Један од кључних проблема одлучивања у безбедном транспорту опасне робе јесте избор руте којом ће се опасна роба транспортовати. Проблем се појављује у различитим варијацијама, зависно од извора, циља, времена транспорта, врсте робе итд. За решење овог проблема одлучивања, у стручној литератури, предложен је велики број математичких модела. Савремени приступ решавању проблема рутирања опасне робе подразумева примену метахеуристичких метода и техника, на које се ослањају практична решења вештачке интелигенције у подршци одлучивању.

Појавни облик проблема избора руте за транспорт опасне робе зависи од тога да ли се врши избор једне руте (руте између две локације – изворишта и одредишта) или избор више рута (у општем случају, између више изворишта и више одредишта), да ли су параметри руте, односно рута, величине статичког или динамичког карактера, да ли се избору рута приступа са локалног или глобалног аспекта итд. Проблем се може решавати и као једнокритеријумски и као вишекритеријумски. У једнокритеријумском приступу се за генерисање рута углавном користе алгоритми за одређивање најкраћег пута у транспортној мрежи (нпр. Јенов алгоритам за одређивање *k* најкраћих путева [1] или Дијкстрин алгоритам за одређивање најкраћих путева између једног – изабраног чвора и свих осталих чворова у мрежи [2]). Када се проблем решава вишекритеријумски, најчешће се генерише скуп потенцијалних рута, које се затим вишекритеријумски евалуирају као алтернативе у моделу одлучивања [3].

С обзиром да су, у пракси, за транспорт опасне робе, из различитих мотива, заинтересовани бројни субјекти друштва (становништво, провредни субјекти, транспортне и друге организације, органи власти, службе за хитна реаговања и сл.), у проблемима рутинга опасне робе су присутни бројни интереси различитих стејкхолдера, па сходно томе и решења захтевају бројне компромисе. Суштина компромиса огледа се у скупу критеријума које треба да задовољи изабрана рута (или руте). Комплексност овог захтева произилази из разлика међу појединим деловима руте/рута. У начелу, сваки сегмент руте може бити фаворизован у односу на остале сегменте, према различитим критеријумима. Ова чињеница води ка потреби да се сваки сегмент руте засебно евалуира и да се коначна рута (једна или више) формира на основу резултата такве евалуације. Додатни проблем за доносиоца одлуке представљају расположивост и поузданост података потребних за такву евалуацију, као и сами модели евалуације (првенствено евалуације ризика) у таквим условима.

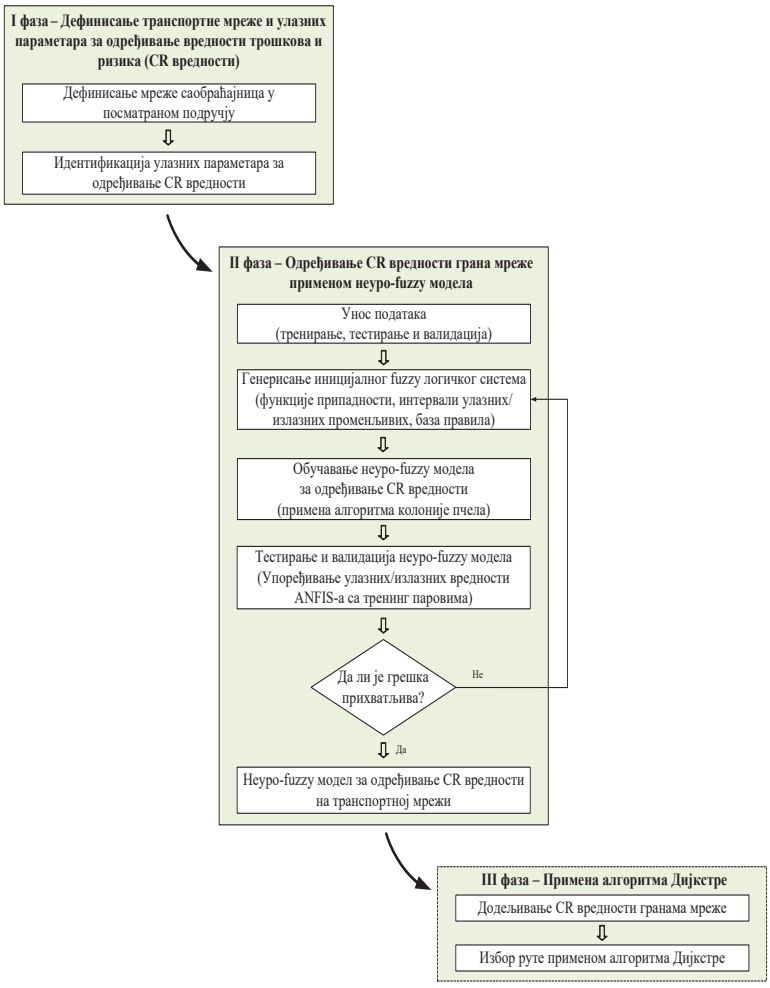
У том смислу, за решење проблема су веома погодни хибридни модели, настали спајањем класичних модела транспортних мрежа и метахеуристичких модела, примењени у вишекритеријумском окружењу. Већина других модела за избор рута за транспорт опасне робе је детерминистичког карактера. За њихову примену су потребни егзактни подаци. Ипак, прецизни подаци о параметрима грана у транспортној мрежи нису увек доступни (нпр. подаци о ризику од саобраћајне незгоде, о угроженој популацији у случају акцидента, о густини насељености дуж потенцијалних рута, о дневној флуктуацији становништва, о саобраћајним токовима итд.). Ту треба имати у виду и чињеницу да све државе, региони, као ни сви градови, немају подједнако развијене информационе системе, те се сходно томе и обим и квалитет потребних података разликује од подручја (мреже) до подручја (мреже). С обзиром на специфичности, такви подаци најчешће нису ни компарабилни између различитих подручја. Осим тога, ти подаци су временски зависни (на дневној или сезонској бази), а у реалним ситуацијама је присутна и значајна доза неизвесности.

Модел за решење проблема рутинга опасног терета, заснован на примени fuzzy логике и вештачких неуронских мрежа, примењен је у овом раду. Модел је иницијално предложен и приказан у [4], а као његова највећа предност може се истаћи могућност имплементације ставова експерата (садржаних у бази правила) и могућностима самосталног учења и прилагођавања излазних резултата вештачке неуронске мреже, сходно пређашњем искуству.

2. ОПИС МОДЕЛА ИЗБОРА РУТЕ ЗА ТРАНСПОРТ ОПАСНЕ РОБЕ

Математички модел за избор руте за транспорт опасне робе заснива се на комбинацији адаптивне неуро-fuzzy мреже (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System – ANFIS) и Дијкстриног алгоритма за одређивање најкраћих путева у транспортној мрежи [4]. У њему је преференција неке руте описана функцијом циља (CR вредност) која истовремено са трошковима транспорта (енг. Costs) минимизира и ризик транспорта (енг. Risks) на одређеној рути или њеном делу.

Модел се састоји из три фазе, слика 1.



Слика 1. Модел избора руте за транспорт опасне робе

У првој фази формира се транспортна мрежа у посматраном подручју и идентификују се улазни параметри (критеријуми) на основу којих се одређују вредности трошкова и ризика транспорта (CR вредности грана) на мрежи. За дефинисање CR вредности грана транспортне мреже успоставља се адаптивна неуронска мрежа. Улазни параметри адаптивне неуронске мреже су критеријуми по којима се вреднују све гране мреже.

У другој фази модела конструише се почетни fuzzy логички систем и врши се обучавање адаптивне неуронске мреже применом алгоритма колоније пчела (ABC алгоритам). Резултат обучавања ANFIS-а је избалансиран неуро-fuzzy модел, којим се даље одређују CR вредности за све гране транспортне мреже.

Након одређивања CR вредности на мрежи, у трећој фази, применом алгоритма Дијкстре налазе се најкраћи путеви од изворишног чвора до свих одредишних чворова. Критеријумска функција која се минимизира применом алгоритма Дијкстре представља суму CR вредности грана мреже које се налазе на изабраним рутама за транспорт опасног терета.

Сходно резултатима анализе стручне литературе, издвојено је седам критеријума на основу којих треба одредити CR вредности грана на конкретној транспортној мрежи, док су опис и домен критеријума дефинисани на основу истраживања спроведеног у [4].

Критеријуми избора руте, који представљају улазне параметре fuzzy логичког система (ФЛС), су: 1) оперативни трошкови транспорта (X_1), 2) брзина реакције хитних служби у случају акцидента (X_2), 3) ризик по животну средину (X_3), 4) колективни ризик - број саобраћајних незгода и настрадалих по километру пута (X_4), 5) тежина последица у случају акцидента - величина угрожене популације (X_5), 6) ризик по значајне инфраструктурне објекте (X_6) и 7) стање коловозног застора (X_7).

Дефинисани улазни параметри, њихов број и њихови домени су прилагодљиви специфичностима транспортне мреже, као и сваком конкретном случају транспорта.

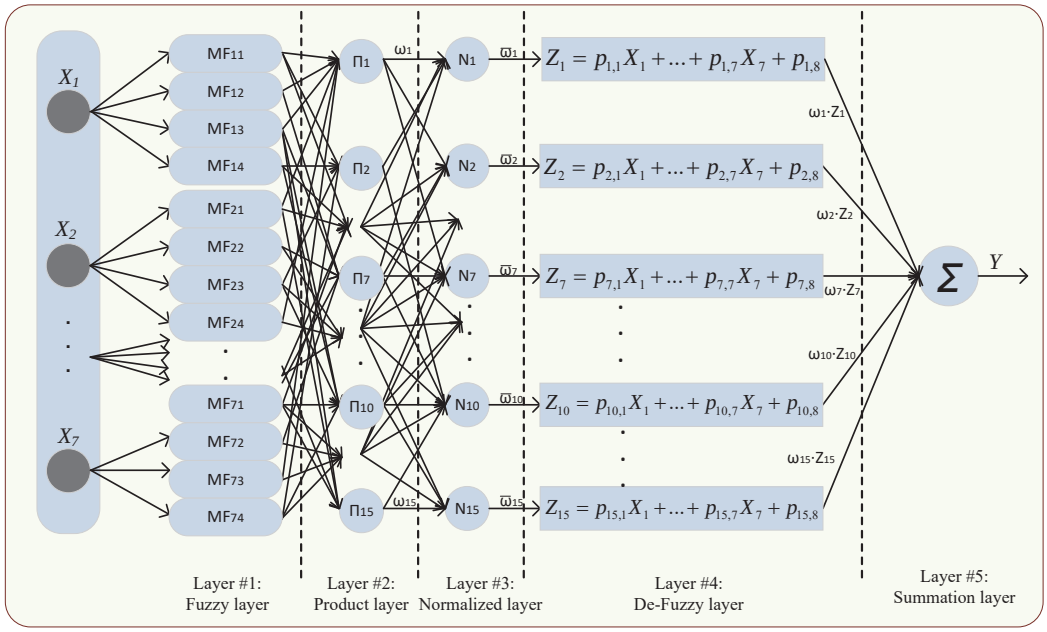
У почетној фази пројектовања ФЛС веома је важна улога доносиоца одлуке и одговарајуће групе експерата, чије је знање, искуство и преференције потребно имплементирати у неуро-fuzzy модел, при дефинисању скупа лингвистичких правила, као и при одређивању врсте и параметра функција припадности (енг. memebership functions – MF) којима се описују улазне/излазне променљиве ФЛС. За опис седам улазних порменљивих коришћене су Гаусове MF, јер: 1) довољно добро описују улазне променљиве, 2) обезбеђују задовољавајућу осетљивост ФЛС, 3) њиховим подешавањем обезбеђује се најмања грешка на излазу из ANFIS модела и 4) једноставне су за манипулацију приликом подешавања ФЛС. Параметри Гаусових MF у ФЛС приказани су у табели 1.

Табела 1. Параметри Гаусових MF пре обучавања ANFIS

X_i / MF	MF 1	MF 2	MF 3	MF 4
X_1	$\mu_{MF1}(X_1)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-298}{236.6}\right)^2}$	$\mu_{MF2}(X_1)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-2866.6}{255.6}\right)^2}$	$\mu_{MF3}(X_1)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-4281}{255.6}\right)^2}$	$\mu_{MF1}(X_1)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-7133}{313.5}\right)^2}$
X_2	$\mu_{MF1}(X_2)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-1.468}{2.13}\right)^2}$	$\mu_{MF2}(X_2)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-5.396}{2.13}\right)^2}$	$\mu_{MF3}(X_2)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-8.493}{2.13}\right)^2}$	$\mu_{MF1}(X_2)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-13.81}{2.13}\right)^2}$
X_3	$\mu_{MF1}(X_3)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-0.7145}{0.95}\right)^2}$	$\mu_{MF2}(X_3)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-1.995}{0.576}\right)^2}$	$\mu_{MF3}(X_3)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-3.215}{0.59}\right)^2}$	$\mu_{MF1}(X_3)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-4.407}{0.605}\right)^2}$
X_4	$\mu_{MF1}(X_4)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{0.1135}\right)^2}$	$\mu_{MF2}(X_4)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-0.269}{0.104}\right)^2}$	$\mu_{MF3}(X_4)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-0.585}{0.1587}\right)^2}$	$\mu_{MF1}(X_4)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-0.82}{0.0976}\right)^2}$
X_5	$\mu_{MF1}(X_5)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-654.8}{631.9}\right)^2}$	$\mu_{MF2}(X_5)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-3835}{731.1}\right)^2}$	$\mu_{MF3}(X_5)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-5328}{817.5}\right)^2}$	$\mu_{MF1}(X_5)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-8930}{567}\right)^2}$
X_6	$\mu_{MF1}(X_6)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-0.476}{1.2}\right)^2}$	$\mu_{MF2}(X_6)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-2.854}{1.06}\right)^2}$	$\mu_{MF3}(X_6)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-5.982}{1.14}\right)^2}$	$\mu_{MF1}(X_6)=e^{-\frac{1}{2}(x-8.549)^2}$
X_7	$\mu_{MF1}(X_7)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-1.339}{0.464}\right)^2}$	$\mu_{MF2}(X_7)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-2.503}{0.568}\right)^2}$	$\mu_{MF3}(X_7)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-3.095}{0.568}\right)^2}$	$\mu_{MF1}(X_7)=e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-4}{0.428}\right)^2}$

С обзиром да је ФЛС развијен у овом моделу ФЛС *zero-order Sugeno* типа, излазна променљива (CR вредност – Y_{ij}) представљена је са десет MF, одређених константама ($Y = ax + by + c$, $a = b = 0$). Излазна променљива је нормирана на интервал [0,10]. Како разлика између очекиваних излазних резултата ФЛС (жељени скуп решења) и добијених CR вредности (Y_{ij}) на излазу из ФЛС, није у границама толеранције, то је ФЛС пресликан у петослојну адаптивну неуронску мрежу (слика 2), ради додатног подешавања.

Почетни (улазни) слој мреже састоји се од седам елемената (јединица), који представљају изабране критеријуме (X_1, X_2,.., X_7). Овај слој само прослеђује улазне вредности према наредним, скривеним слојевима мреже, при чему су сви елементи у улазном слоју повезани са четири елемента (јединице) у наредном слоју. Јачина везе између елемената из различитих слојева је детерминистичка вредност једнака 1.



Слика 2. Неуро-fuzzy модел за одређивање CR вредности грана мреже

Први слој се састоји од 7x4 елемента који представљају лингвистичке описе за сваку улазну варијаблу, квантификоване помоћу fuzzy скупова („веома ниско - VL", „снижено - D", „повишено - I" и „веома високо - VL"). Сваки елемент у првом слоју је адаптиван, а његова излазна вредност је вредност MF премисе у правилима одлучивања. Број елемената у другом слоју је идентичан броју fuzzy правила одлучивања. Сваки елемент у овом слоју је фиксан и врши прорачун минималне вредности од улазних података (из преходног слоја).

Излазне вредности из првог слоја представљају снагу активирања правила. Тако је нпр. излазна вредност првог елемента у другом слоју:

$$\omega_1 = \min\left\{\mu_D(x_1), \mu_I(x_2), \mu_D(x_3), \mu_D(x_4), \mu_{VL}(x_5), \mu_I(x_6), \mu_{VH}(x_7)\right\}.$$

Трећи слој мреже има 15 адаптивних елемената који представљају CR вредност. Сваки елемент у овом слоју утврђује пресек резултујућег fuzzy скупа са макималном вредношћу снага активирања правила. Нормализовани тежински фактор за свако правило ($\overline{\omega}_k$) рачуна се према изразу (1):

$$\overline{\omega}_k = \frac{\omega_k}{\sum_{i=1}^{15} \omega_i} \tag{1}$$

где k ($k = 1,...,15$) представља број правила у бази ANFIS.

Елемент у четвртом слоју је фиксан и има сврху прорачуна крајњег излаза ANFIS:

$$\mu_M(Y) = \max\left\{\mu_{V1}(Y),...,\mu_{V15}(Y),\right\} \tag{2}$$

Добијени резултат се потом дефазификује у јединном елементу петог слоја. У литератури је присутно више начина дефазификације на излазу из ANFIS, а међу најчешће употребљаваним је метод центра гравитације, па је он и овде употребљен:

$$O = Overalloutput = \sum_{k=1}^{15} \overline{\omega}_k Y_k = \frac{\sum_{k=1}^{15} \omega_k Y_k}{\sum_{k=1}^{15} \omega_k} \tag{3}$$

Након успостављања ФЛС и добијања иницијалних излазних резултата, систем је обучен, односно подешен на основу постојећих улазних и излазних параметара. Циљ обучавања су резултати који су блиски задатим вредностима параметара, а сам механизам обучавања одвија се у адаптивним елементима, путем подешавања параметара MF и базе правила. Код zero-order Sugeno ФЛС могуће је подешавати укупно 206 параметара, од чега њих 56 представља параметре премиса ($X \cdot a \cdot b = 7 \cdot 4 \cdot 2$ = 56, где је X – број улазних променљивих, a – број MF улазних променљивих, b – број параметара за подешавање), а осталих 150 представља параметре консеквенци ($c \cdot d = 10 \cdot 15 = 150$, где је c – број MF излазне променљиве Y и d – број правила). На овај начин се у ANFIS обезбеђује процес учења на основу података који се моделирају.

За обучавање ANFIS у моделу избора руте за транспорт опасног терета изабран је алгоритам колоније пчела (ABC алгоритам), с обзиром на позитивна искуства у примени и перформансе ABC алгоритма, које одговарају предложеном ANFIS моделу [5]: једноставност концепта, брзо достизање глобалног оптимума и лакоћу примене. У конкретном случају, ABC алгоритам врши подешавање параметара Гаусових MF (центра функције – c и ширине функције – σ) и подешавање fuzzy правила која одговарају комбинацијама улазних лингвистичких варијабли. У примени ABC алгоритма, половину пчела у колонији чине радилице (запослене пчеле), а другу половину пчеле посматрачи [5].

Слично концепту примене свих алгоритама из класе еволуционих алгоритама, и у почетном кораку ABC алгоритма иницијална популација вештачких пчела генерише се насумице (случајно), у границама дефинисаних параметара:

$$X_{ij} = X_j^{\min} + rand\left(0,1\right)(X_j^{\max} - X_j^{\min}) \tag{4}$$

где је $i \in \{1,2,...,SN\}$, SN представља број решења, $j \in \{1,2,...,D\}$, D представља број оптимизационих параметара, X_j^{min} и X_j^{max} представљају доњу и горњу границу параметра j, и $rand(0,1)$ представља случајан број из интервала [0,1].

У другом кораку алгоритма популација (рој) вештачких пчела почиње потрагу за оптималним решењем. Свака пчела генерише по једно решење проблема које се назива *извор хране* и налази се у дефинисаном простору за претрагу. Претраживање простора, које пчеле врше ради проналажења извора хране, представља процес налажења оптималног решења.

Након иницијализације извора хране, над свим пронађеним изворима (решењима) се понавља процес претраге, све док се не испуни критеријум за престанак претраге. Тај критеријум може бити максималан број циклуса претраге или достизање постављеног прага толеранције за грешку на излазу из ANFIS тј. смањење грешке испод предефинисане граничне вредности толеранције (ε). Вредност генерисаног парцијалног решења одговара доброти (профитабилности) извора хране [5, 6].

Потом, пчеле радилице изазивају модификације, према изразу (5), на позицијама извора (парцијалних решења) који се налазе у њиховој меморији. Модификације зависе од информација локалног типа и оне формирају нове изворе хране *Yij* (нова решења), у близини старих извора *Xij* (старих решења):

$$Y_{ij} = X_{ij} + r_{ij}(X_{ij} - X_{kj}) \tag{5}$$

где $j \in \{1,2,...,D\}$ представља случајан цео број из интервала [1,D]; $k \in \{1,2,...,SN\}$ насумично изабран индекс ($k \neq i$); r_{ij} случјно изабран број из интервала [-1,1], који је у суштини адаптивно контролни параметар којим се контролише производња суседних извора хране око X_{ij}. Уколико се на овај начин пронађу извори хране са већим количинама нектара (решења са бољом вредношћу функције) пчеле замењују позицију претходних извора са позицијом нових. У супротном, већ постојеће решење задржавају као тренутно најбоље.

Након што све ангажоване пчеле заврше процес претраге, оне размењују информације које се односе на количине нектара и локације (информације о парцијалним решењима) са пчелама посматрачима. Пчеле посматрачи, потом бирају изворе хране на основу вероватноће, која зависи од доброте (профитабилности) откривених извора хране. Како продуктивност (енг. *fitness*) решења расте, тако расте и вероватноћа његовог избора. Овакав начин избора извора хране познат је као механизам селекције помоћу рулета [5], где се вероватноћа повезана са извором хране (P_i) дефинише као:

$$P_i = \frac{fitness_i}{\sum_{i=1}^{SN} fitness_i} \tag{6}$$

где $fitness_i$ представља продуктивност *i*-тог извора хране (решења) и пропорционална је количини нектара на извору хране на *i*-тој позицији, а *SN* представља број извора хране који је једнак броју пчела посматрача.

По избору извора хране, пчеле посматрачи, применом израза (4), производе одређене модификације на позицијама извора у свом памћењу.

У ABC алгоритму дефинисан је и контролни параметар (тзв. *граница*) за напуштање одређеног извора. *Граница* је унапред одређен број циклуса којим се контролише време ажурирања одређеног решења и на основу кога се напуштају исцрпљени извори хране, за које се сматра да даља побољшања више нису могућа. У случају напуштања неког извора хране, ангажована пчела (радилица) постаје извиђач и креће у потрагу за новим изворима хране, којима би се заменили напуштени извори.

Ако је напуштени извор V_i, онда извиђач случајно открива нови извор хране којим се замењује извор V_i:

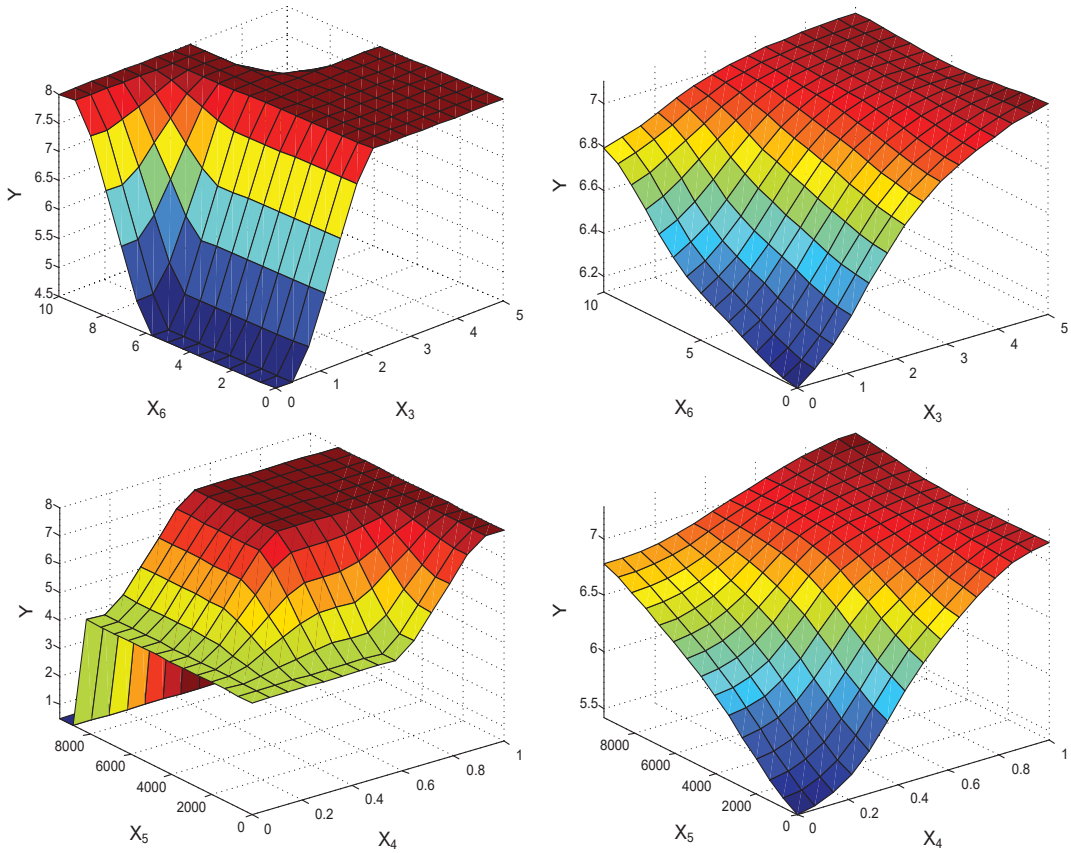
$$V_i^j = V_{\min}^j + rand(0,1) \cdot (V_{\max}^j - V_{\min}^j) \tag{7}$$

У основном ABC алгоритму, претпоставља се да у једном циклусу само један извор може бити исцрпљен и да само једна ангажована пчела може бити извиђач [7].

ANFIS модел предложен за избор руте за транспорт опасне робе обучаван је према претходно описаном поступку. У ту сврху, дефинисана је иницијална популација од 56 јединки вештачких пчела (*SN*), у којој је исти број радилица и посматрача.

Након више симулација уочено је да ABC алгоритам жељене вредности генерише за распон контролног параметра (границе) од 1 до 8. На основу тога, а и у складу са препорукама у [5] и [7], за вредност границе у конкретном случају прихваћена је вредност 5, док је за критеријум прекида алгоритма прихваћен максималан број од 60 циклуса. На овај начин је обезбеђена конвергенција решења глобалном оптимуму.

У процесу обучавања ANFIS параметри функција припадности улазних промењљивих су се мењали, а база правила је оптимизована. Након обучавања констатована је осетљивост система и постепеност излазних вредности. На слици 3. приказан је пример зависности излазних вредности од две комбинације промењљивих (X_3-X_6 и X_4-X_5), пре и после подешавања система. Овим поступком су отклоњени инертни и преосетљиви делови система и грешка је сведена на минимум (0,049).



Пре обучавања

После обучавања

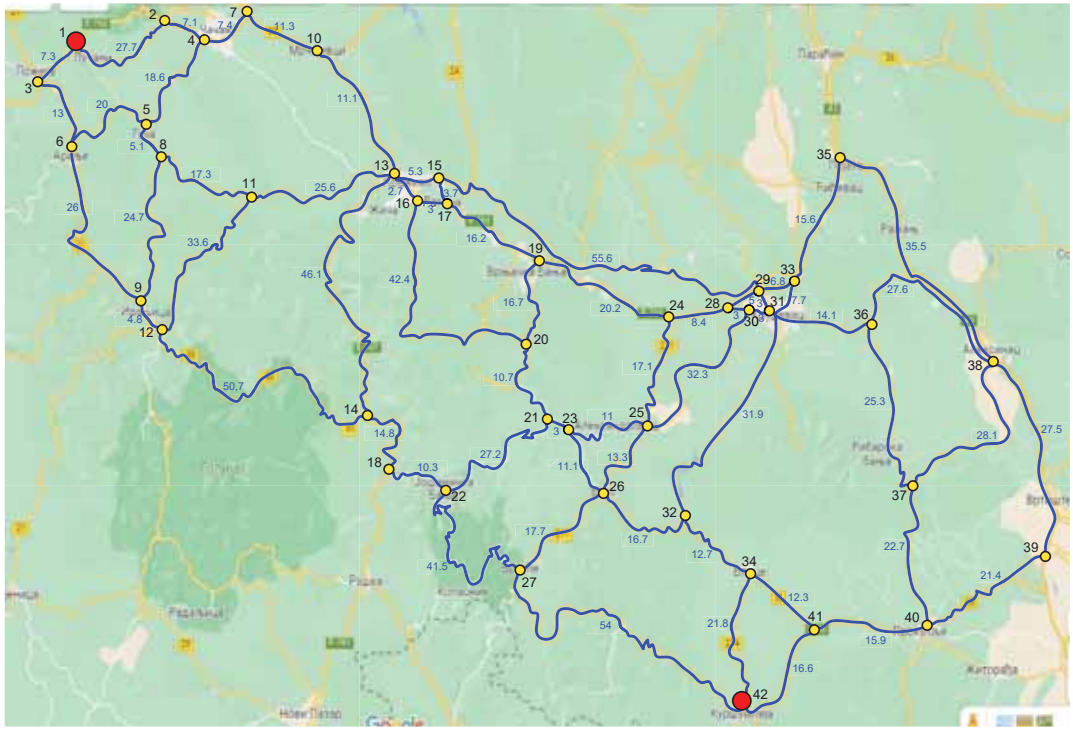
Слика 3. Пример излазних вредности из ANFIS: пре обучавања и после обучавања

3. ПРИМЕНА МОДЕЛА ПРИ ИЗБОРУ РУТЕ ЗА ТРАНСПОРТ ЕКСПЛОЗИВНИХ МАТЕРИЈА

У проблему избора руте, према предложеном моделу, циљ избора представља рута која ће бити оптимална, не само према трошковима транспорта, већ и према

различитим аспектима ризика у транспорту. За студију случаја, ради приказа примене предложеног модела, изабран је случај транспорта експлозивних материја од места производње (Лучани) до места складиштења (Куршумлија).

Између назначеног изворишта и одредишта транспорта идентификована је мрежа расположивих комуникација, слика 4, која се може сматрати симетричном транспортном мрежом (дужина пута од места А до места В једнака је дужини пута од места В до места А), јер се оперативни трошкови транспорта на одређеној грани мреже могу апроксимирати дужином те гране.



Слика 4. Архитектура транспортне мреже за избор руте за танспорт опасног терета

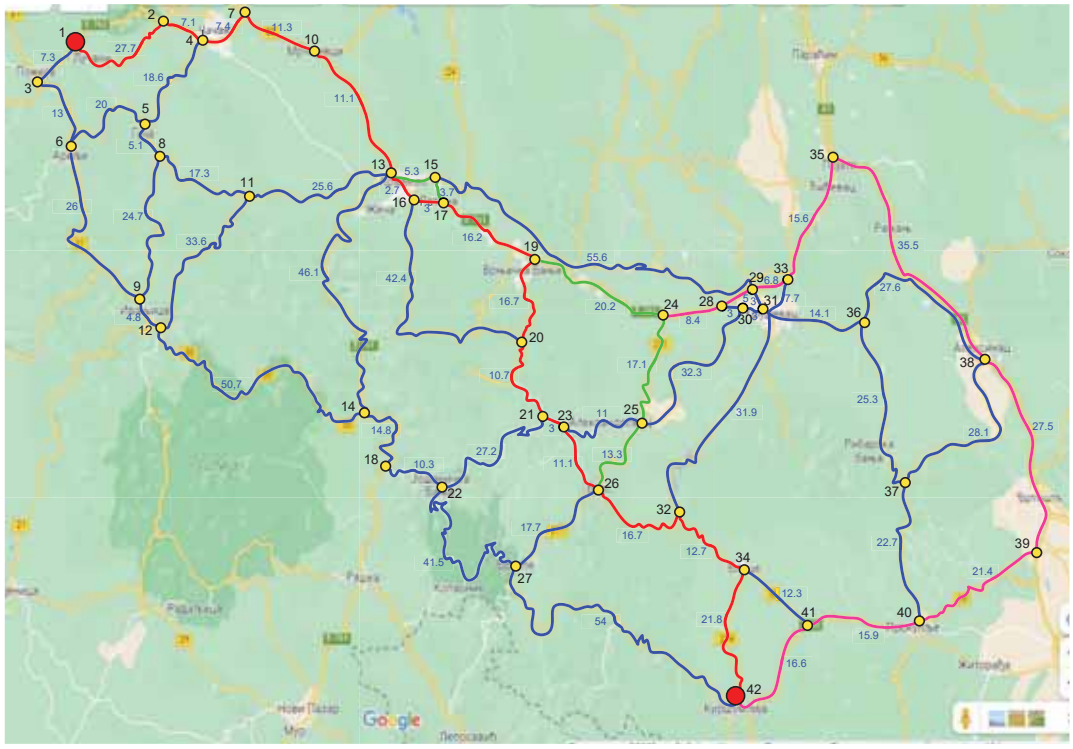
Након формирања транспортне мреже квантификовани су улазни параметри у модел (на основу званичних демографских, географских и саобраћајних података). Резултујуће CR вредности грана у транспортној мрежи приказане су у табели 2. Улазни параметри одређени су вредновањем свих грана мреже по скупу раније наведених критеријума.

Пропуштањем параметара мреже кроз ANFIS, као резултат су добијене CR вредности грана мреже, на бази којих су алгоритмом Дијкстре изабране руте са најмањом укупном композитном вредношћу трошкова и ризика за реализацију транспорта опасног терета.

Рута за реализацију транспорта, изабрана ANFIS-Dijkstra моделом, приказана је на слици 5, на којој је назначена зеленом линијом – у оном делу у коме се разликује од руте најмање дужине, добијене применом само алгоритма Дијкстре, која је приказана црвеном бојом. Рута коју је при реализацији транспорта изабрао превозник тј. рута којом је транспорт стварно реализован приказана је ружичастом бојом.

Табела 2. Композитне вредности трошкова и ризика (CR вредности) грана транспортне мреже

Грана	CR	Грана	CR	Грана	CR	Грана	CR	Грана	CR
A(1,2)	2.97	***A(10,13)***	3.37	***A(18,22)***	3.60	***A(26,27)***	2.78	***A(34,41)***	3.13
A(1,3)	4.92	***A(11,12)***	1.90	***A(19,20)***	3.58	***A(26,32)***	0.44	***A(34,42)***	2.84
A(2,4)	3.15	***A(11,13)***	3.12	***A(19,24)***	3.18	***A(27,42)***	7.46	***A(35,38)***	2.15
A(3,6)	6.00	***A(12,14)***	4.98	***A(20,21)***	4.16	***A(28,29)***	0.85	***A(36,37)***	4.54
A(4,5)	5.99	***A(13,14)***	3.36	***A(21,22)***	3.59	***A(28,30)***	2.60	***A(36,38)***	3.90
A(4,7)	1.99	***A(13,15)***	1.89	***A(21,23)***	2.18	***A(29,31)***	2.30	***A(37,38)***	6.12
A(5,6)	2.76	***A(13,16)***	3.65	***A(22,27)***	5.37	***A(29,33)***	1.72	***A(37,40)***	2.96
A(5,8)	4.92	***A(14,18)***	5.62	***A(23,25)***	3.35	***A(30,31)***	1.66	***A(38,39)***	3.05
A(6,9)	3.75	***A(15,17)***	4.20	***A(23,26)***	3.17	***A(31,32)***	8.82	***A(39,40)***	2.78
A(7,10)	2.95	***A(15,29)***	6,42	***A(24,25)***	3.16	***A(31,33)***	3.90	***A(40,41)***	2.38
A(8,9)	6.75	***A(16,17)***	2.54	***A(24,28)***	3.70	***A(31,36)***	4.19	***A(41,42)***	3.05
A(8,11)	2.92	***A(16,20)***	6.85	***A(25,26)***	2.95	***A(32,34)***	2.78		
A(9,12)	2.43	***A(17,19)***	3.45	***A(25,30)***	5.89	***A(33,35)***	3.00		



Слика 5. Рута којом је реализован транспорт, најкраћа рута и рута добијена применом ANFIS-Dijkstra модела

Поређењем композитних CR вредности приказаних рута (табела 3) евидентна је предност руте предложене ANFIS-Dijkstra моделом („*зелена рута“: 1 – 2 – 4 – 7 – 10 – 13 – 15 – 17 – 19 – 24 – 25 – 26 – 32 – 34 – 42*), над рутом којом је стварни транспорт реализован („*ружичаста рута“: 1 – 2 – 4 – 7 – 10 – 13 – 16 – 17 – 19 – 24 – 28 – 29 – 33 – 35 – 38 – 39 – 40 – 41 – 42*), као и над најкраћим путем између чворова 1 и 42 („*црвена рута“: 1 – 2 – 4 – 7 – 10 – 13 – 16 – 17 – 19 – 20 – 21 – 23 – 26 – 32 – 34 – 42*).

Табела 3. Руте за транспорт опасне робе и њихове композитне CR вредности

Р.бр.	**Рута**	**Избор**	**CR вредност**
1.	*„Зелена рута“* - укупна дужина руте: **191,5 *km***	*ANFIS-Dijkstra*	**38,32**
2.	*„Црвена рута“* - укупна дужина руте: **179,1 *km***	најкраћи пут	**42,22**
3.	*„Ружичаста рута“* - укупна дужина руте: **259,3 *km***	*избор превозника*	**48,93**

4. ЗАКЉУЧАК

Примена метахеуристичких метода и вештачких неуронских мрежа је све присутнија у проблемима одлучивања, па је очекивано да имају своје, истакнуто место и у проблемима одлучивања у транспорту опасних материја.

Предложени хибридни модел избора руте, примењен на студији случаја, показује најпре апсолутну употребљивост у пракси, а потом и довољну остетљивост излазних резултата на промену улазних параметара.

Анализом рута у студији случаја може се закључити да је применом модела предложена рута која није најкраћа, али није ни значајно дужа од најкраће руте у мрежи. Овакав закључак упућује на чињеницу да ANFIS-Dijkstra модел уважава трошковни аспект транспорта, али га надограђује аспектима ризика при транспорту опасних материја.

Ипак треба имати на уму да, без обзира на атрактивност и употребљивост вештачке интелигенције у пракси, коначну одлуку доноси човек.

5. ЛИТЕРАТУРА

[1] Carotenuto, P, Giordani, S, Ricciardelli, S. (2007), Finding minimum and equitable risk routes for hazmat shipments, *Computers and Operations Research*, 34(5), 1304–1327.

[2] Frank, W.C., Thill, J., Batta, R. (2000), Spatial decision support system for hazardous material truck routing, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1-6), 337–359.

[3] Gal, T., Stewart, T.J., Hanne, T. (2007), *Multicriteria decision making: advances in MCDM models, algorithms, theory and applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.

[4] Pamučar, D., Ljubojević, S., Kostadinović, D., Đorović, B. (2016), Cost and Risk aggregation in multi-objective route planning for hazardous materials transportatiton – A Neuro-fuzzy and artificial bee colony approach, *Expert Systems With Applications*, 65, 1–15.

[5] Karaboga, D., Ozturk, C. (2011), A novel clustering approach: Artificial Bee Colony (ABC) algorithm, *Applied Soft Computing*, 11(1), 652–657.

[6] Karaboga, D., Basturk, B. (2007), A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm, *Journal of Global Optimization*, 39(3), 459–471.

[7] Forsati, R., Keikha, A., Shmasfard, M. (2015), An improved bee colony optimization algorithm with an application to document clustering, *Neurocomputing*, 159, 9–26.

Gerhard Wilfinger[1]

Originalni naučni rad

UDK 007.52:[636.061:351.823.1

AUTOMATISATION IN DER NUTZTIERHALTUNG

Abstrakt

Das Wohlergehen landwirtschaftlicher Nutztiere ist in aller Munde. Viele Produktionsbedingungen, unter denen zum Beispiel Fleisch, Milch und Eier erzeugt werden, stehen in der Kritik. Für die Landwirtschaft stellt dies enorme Anforderungen an die Zukunftsfähigkeit der modernen Tierhaltung dar. Denn nur ein gesundes und zufriedenes Tier kann gute Leistungen und Nutzen bringen. Doch auch der ökonomische Aspekt der Tierhaltung darf nicht in den Hintergrund rücken. Tierwohl soll nicht nur dem Tier nützen, sondern auch dem Landwirt. Dies muss nicht zwingend ein Widerspruch sein. Die Digitalisierung als Oberbegriff für Precision Farming, Smart Farming und Landwirtschaft 4.0 kann hier einen wichtigen Beitrag leisten. Die moderne Milchviehhaltung mit automatisierten Melk-, Fütterungs- und Tierüberwachungssystemen stellt völlig neue Anforderungen an den Tierhalter, bietet aber auch neue Möglichkeiten der Produktion und Vermarktung. Nur 21% der Milchkühe erreichen die Phase der höchsten Laktationsleistung, d. h. ein Großteil der Kühe scheidet zuvor krankheitsbedingt aus und verursacht damit hohe Kosten. Durch die Bewertung des Status quo in der derzeitigen Situation mit den üblichen verfahrenstechnischen Maßnahmen können Betriebe vertikal verglichen werden. Aufgrund der Auswertung der Wirtschaftlichkeitskennzahlen ist auch ein horizontaler Vergleich der Betriebe untereinander möglich. Dabei können Aussagen darüber getroffen werden, ob beim Umsetzen von Maßnahmen zur Steigerung des Tierwohls ein Zusammenhang zwischen ökonomischen und verfahrenstechnischen Erfolgen und der Betriebsgröße zu verzeichnen ist.

Auch in der Tierhaltung macht die Digitalisierung der Produktionsprozesse große Fortschritte. Im Stall sind autonome Komponenten, aber auch komplett automatisierte Systeme schon weit verbreitet. Dazu gehören Melkroboter, Spaltenreiniger oder Fütterungsautomaten. Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen zeigen Schwachstellen in Bezug auf das Tierwohl. Das Melken über Automatische Melksysteme (AMS) hat dabei eine rasante Entwicklung erfahren. AMS gehören seit Jahren zum Stand der Technik, bei einem Neukauf entscheidet sich mittlerweile mehr als jeder zweite Milchviehhalter für ein AMS. Immer mehr Arbeiten im Stall werden letztlich auch zum Wohl der Tiere automatisiert. Heute werden auch Roboter zur Vorlage des Grundfutters, zum Reinigen der Laufflächen und zum Umsetzen von Weidezäunen angeboten. Gerade bei der Grundfuttervorlage zeichnet sich eine der AMS vergleichbare Entwicklung ab. Am gravierendsten sind Mängel an der Bodenbeschaffenheit und am Zustand der Liegeboxen in den Ställen. Der Praxistransfer spielt somit eine entscheidende Rolle. Automatisierung und Digitalisierung schreiten weiter voran. Jedoch ist oftmals nicht klar, welche Maßnahmen für den Betrieb wirklich sinnvoll sind und einen nachhaltigen Mehrwert für den Landwirt bringen. Das Zusammenspiel von Industrie, Forschung und Praxis wird auch in Zukunft sehr wichtig sein, um mit der Digitalisierung das Tierwohl zu verbessern und gleichzeitig die Zukunftsfähigkeit der landwirt-schaftlichen Betriebe zu sichern.

[1]Projektleiter BM Leopold Wolfram Gmbh& Co KG, 2521 Trumau/Vienna, Austria
g.wilfinger@wolframbau.at

Schlüsselwörter: Nutztierhaltung, Tierwohl, Ökonomie, Digitalisierung, Automatisation, Mechanisierung

Vorwort

Die gesellschaftspolitischen Anforderungen an die Tierhaltung wurden und werden von wechselnden Schwerpunkten bestimmt. War in der Nachkriegszeit die Sicherung der Ernährung oberstes Ziel, so bestimmten in der 2. Hälfte des vergangenen Jahrhunderts die Rationalisierung, der Strukturwandel sowie die internationale Wettbewerbsfähigkeit die Agrarpolitik. Derzeit prägen Umweltanforderungen, Tierschutz und Nahrungssicherheit die öffentliche Diskussion um die Tierhaltung.
Wurde bis in die 80iger Jahre die Agrarpolitik von der Erzeugerseite bestimmt, ist es seit den 90iger Jahren der Verbraucher, der zunehmend die Ziele der Agrar- und Umweltpolitik bestimmt (Agrarwende). Dabei bestand und besteht die Gefahr, dass der jeweilige aktuelle Schwerpunkt zum alleinigen Ziel der Landnutzung und Tierhaltung erklärt wird. Vielmehr wird es auch in Zukunft erforderlich sein, hohe Tierleistungen zur Sicherung der Welternährung, internationale Wettbewerbsfähigkeit und letztlich auch die weitere Nutzung des biologisch-technischen Fortschrittes in die Verfahren der Tierhaltung zu integrieren, ohne die Ziele des Umwelt-, Tier- und Verbraucherschutzes zu vernachlässigen. Dafür sind nachhaltige Systeme der Tierhaltung zu entwickeln, bei denen die ökologische Tragfähigkeit, die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und die soziokulturelle Akzeptanz gleichrangige Ziele sind (SCHÖN, 2002)[2].
Ob Melkroboter, Sensoren zur Erfassung der Wiederkautätigkeit oder digitale Mikrofone zur Erkennung von Husten bei Schweinen, die Automatisierung und Digitalisierung hält, wie in vielen anderen Wirtschaftszweigen und Bereichen unserer Gesellschaft, auch in der Haltung landwirtschaftlich genutzter Tiere zunehmend Einzug[3].

Die Zielsetzungen sind dabei vielfältig:
(1) das Management zu optimieren
(2) die Tiergesundheit zu verbessern
(3) das Tierwohl zu steigern
(4) die Umweltverträglichkeit zu verbessern
(5) die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen zu stärken.
Aus Sicht der Internationalen Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN) stehen dabei die Auswirkungen auf Tierwohl und Tiergesundheit im Vordergrund. Im Hinblick auf die Tiergesundheit sollen Sensorsysteme Auffälligkeiten und Gesundheitsprobleme frühzeitig erkennen und dokumentieren. Die digitalen Systeme unterstützen die Tierhalterinnen und Tierhalter, indem die Technik die Einzeltierbeobachtung erleichtert. Auffällige Tiere können frühzeitig und gezielt untersucht und Erkrankungen behandelt werden, bevor sie klinisch sichtbar werden, das Tierwohlweiter einschränken und hohe Kosten verursachen. Voraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz ist aber eine hohe Genauigkeit bei der Erkennung erkrankter Tiere und letztendlich müssen die Tierhalter auch tatsächlich reagieren und Maßnahmen einleiten. Keinesfalls können die Systeme die tägliche Kontrolle und Tierbeobachtung ersetzen. Über die Überwachung der Tiergesundheit hinaus bergen Sensortechnologien aber auch ein großes Potenzial hinsichtlich verhaltensbezogener Indikatoren des Tierwohls. Deren sensorgestützte

---

[2]Prof. Dr. Dr. h.c. HANS SCHÖN, Dr. BERNHARD HAIDN, Dr. GEORG WENDL Bayerische Landesanstalt für LandwirtschaftVöttinger Str. 38 D-85354 Freising-Weihenstephan
[3]© Internationale Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN),München, Deutschland

Erfassung ist weniger weit entwickelt, könnte aber in Zukunft die rechtzeitige Erkennung von Verhaltensstörungen wie Schwanzbeißen oder die Erhebung von aggressiv gestimmten Interaktionen zwischen Tieren ermöglichen. Und da bei der Beurteilung des Tierwohls letztlich immer das Einzeltier im Mittelpunkt stehen sollte, bieten digitale Technologien Ansatzpunkte für eine stärkere Berücksichtigung des Individuums[4].

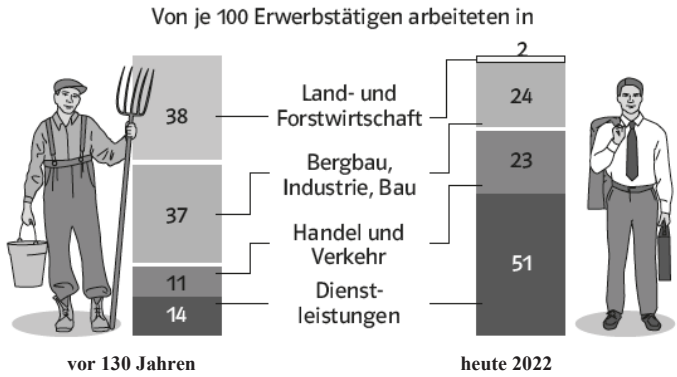
1 DIE MECHANISIERUNG DER LANDWIRTSCHAFT

1.1 Robotik in der Landwirtschaft

Eine zunehmende Technisierung und Automatisierung des Alltags sind auch im Bereich der Landwirtschaft zu verzeichnen[5]. Bei innovativen Agrartechnologien spielt neben der Zunahme an datenintensiven Anwendungen (Big Data in der Landwirtschaft, Precisionfarming)[6], Robotik eine zentrale Rolle (für einen rezenten Überblick siehe Oliveira et al. 2021). Roboteranwendungen wie zum Beispiel die autonome und präzise Aussaat, automatisierte Unkrautbekämpfung, Düngung und Obsternte, aber auch die Automatisierung der Milchproduktion über Melkroboter sind Technologien, die bereits in Erprobung bzw. im Einsatz sind[7].

1.2 Entwicklung der Landwirtschaft ab dem 19. Jahrhundert

Im 19. Jahrhundert arbeitete ein Großteil der Menschen in Mittel- und Westeuropa in landwirtschaftlichen Betrieben, inzwischen sind es nur noch etwa 1,6 %. Bahnbrechende Erfindungen wie die Dampfmaschine ermöglichten den Aufbruch von der von Ackerbau und Viehzucht dominierten Agrargesellschaft hin zur Industriegesellschaft. Die Industrialisierung zog insgesamt eine verbesserte Lebensqualität und damit verbunden ein deutliches Bevölkerungswachstum nach sich. Laut dem Deutschen Bauernverband (DBV) werden in Mitteleuropa täglich 90 ha landwirtschaftlich genutzter Flächen zu Siedlungs- oder Verkehrszwecken umgewandelt. Gleichzeitig müssen mit den landwirtschaftlichen Produkten immer mehr Menschen ernährt werden und zusätzlich wächst der Bedarf an Energiepflanzen und nachwachsenden Rohstoffen, die ebenfalls angebaut werden müssen[8].



[4]© Internationale Gesellschaft für Nutztierhaltung (IGN),München, Deutschland
[5]Arge ITA-AIT Parlament parlament.gv.at/dokument/fachinfos/zukunftsthemen/046_agrarrobotik.pdf11/2022 (MN)
[6]tab-beim-bundestag.de/de/untersuchungen/u30700.html
[7]idtechex.com/research/reports/agricultural-robots-and-drones-2017-2027-technologies-markets-players-000525.asp; blog.robotiq.com/top-10-robotic-applications-in-the-agricultural-industry.
[8]© Ernst Klett Verlag GmbH, Stuttgart 2014NATURA_LB 2_049124

Dies ist nicht ohne eine verstärkte Mechanisierung der landwirtschaftlichen Arbeitsabläufe zu leisten. Viele Landwirtschaftsbetriebe sind heute auf ganz bestimmte Produkte spezialisiert, außerdem sorgen spezielle Tier- und Pflanzenzüchtungen für einen höheren Ertrag. Mit chemischen und biologischen Mitteln können die Verluste durch Schädlingsbefall verringert werden.

1.3 Automatisierung in der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft strebt seit dem Übergang der Menschen als Jäger und Sammler zum Ackerbau kontinuierlich danach, die Effektivität in der Landwirtschaft zu verbessern. Ausgehend von der Entwicklung des Pfluges und der Entwicklung von vielfältigen Handgeräten trachtete der Mensch immer danach, Arbeiten zu erleichtern (z. B. durch Ersatz von manuell betriebenen Geräten durch Maschinen und mechanische Geräte). Mit dem Einsatz von Zugtieren und später durch den Verbrennungsmotor und den Elektromotor fanden Entwicklungssprünge in der Mechanisierung der Landwirtschaft statt. Mit dieser Entwicklung ging auch der Wandel von der Agrargesellschaft zur Industriegesellschaft einher. Im Zuge dieser gesellschaftlichen Entwicklungen veränderten sich auch wesentliche Kennwerte, wie die eingesetzten Energieträger, die Besiedelungsdichte des Landes, die Anzahl der Menschen, die von einer landwirtschaftlichen Arbeitskraft versorgt werden und somit auch der Anteil der in der Landwirtschaft tätigen Menschen an der Gesamtbevölkerung (siehe Tabelle 1)[9].

Periode		500.000 bis 10.000 v. Chr.	10.000 v. Chr. bis 19. Jh.	20. Jh. bis heute	Trend
Gesellschaftsform		Jäger/Sammler	Agrargesellschaft	Industriegesellschaft	Informationsgesellschaft
Energieträger		Mensch	regenerativ	fossil/nuklear	regenerativ
Endenergieverbrauch	kWh/Kopf/Tag	5	28	≤ 270	> 300
Besiedelungsdichte	Menschen/km²	≤ 0,3	≤ 30	≤ 300	> 350
Versorgungsleistung der Landwirtschaft	Menschen/lw.AK[1]	0	≤ 3	≤ 60	> 90
Anteil landwirtschaftlicher Arbeitskräfte an der Bevölkerung	%	100	≈ 80	≈ 3	< 2

Tabelle 1: Landtechnische Entwicklung im Kontext des gesellschaftlichen Wandels in Mitteleuropa – Historie und Trends (erweitert nach SCHÖN, 1989

2 KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER LANDWIRTSCHAFT

2.1 Globale Anforderungen

Die Landwirtschaft ist die größte Nahrungsquelle der Welt. Die Vereinten Nationen (UN) schätzen, dass bis zum Jahr 2050 die Weltbevölkerung von derzeit 7,8 Milliarden Menschen um 2 Milliarden zunehmen wird. Das bedeutet, die Welt muss bis zum Ende des Jahrhunderts etwa 11 Milliarden Menschen ernähren. Infolgedessen wird der weltweite Bedarf an Nahrungsmitteln und Wasser weiter ansteigen. Die Landwirtschaft ist der weltweit größte Wasserverbraucher der Welt. Wasser wird für die Feldbewässerung, in der Viehzucht für Tränken und Reinigung und in der Aquakultur verwendet. Damit beansprucht die Landwirtschaft etwa 70 Prozent des weltweiten jährlichen Wasserverbrauchs[10].
Landwirtschaft verschmutzt Wasser zudem mit großen Mengen an Nährstoffen, Pestiziden und anderen Schadstoffen. Besserung ist nicht in Sicht, denn die weltweite Nahrungsmittelproduktion wird zunehmen müssen, um die wachsende Weltbevölkerung zu ernähren. Die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO) ist jedoch der Ansicht, dass die Herausforderungen der Beseitigung des Hungers und der Ernährungssicherheit nicht unbedingt eine Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion bedarf, wenn

[9] Automatisierung in der Landwirtschaft, Austria Forum C. Aschauer, N. Barta, A. Gronauer, März 2017
[10] https://www.lsa-partnernetzwerk.de/fokusthemen/kuenstliche-intelligenz/ki-in-der-landwirtschaft/

landwirtschaftliche Produktionssysteme nachhaltiger werden. Technologie, Forschung und Entwicklung müssen so weit wie möglich eingesetzt werden, um die Grundsätze einer nachhaltigen Landwirtschaft zu verwirklichen.

2.2 Landwirtschaft des 21. Jahrhunderts

Landwirtschaft 4.0, Precision Farming, Smart Agriculture, Smart Farming und E-Farming sind Begriffe, die die Implementierung von Digitalisierung in landwirtschaftlichen Produktionsprozessen beschreiben. Bei vielen Prozessen handelt es sich um Ansätze von Künstlicher Intelligenz. Ein zentrales Element von Landwirtschaft 4.0 ist die intelligente Vernetzung von Produktionsprozessen nicht nur in landwirtschaftlichen Betrieben, sondern über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg, also auch im vor- und nachgelagerten Bereich.
Mit konventioneller Technologie für die Düngung, Ernte von Feldern und in der Nutztierhaltung können die aktuellen Problemstellungen in der Landwirtschaft nicht gelöst werden. Das rasante landwirtschaftliche Wachstum erfordert Ansätze, die auf modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) basieren und die Landwirtschaft digitalisieren sowie automatisieren[11].

2.3 Das Berufsbild des Landwirts verändert sich

Beim Smart Farming kommen nicht nur Digitalisierungsprozesse zum Einsatz, erneuerbare Energien sorgen für den notwendigen Umweltschutz. Weil heutzutage vollkommen andere Anforderungen an Landwirte gestellt werden, verändert sich auch das Berufsbild entsprechend. Tablet, Smartphone und Roboter werden mehr und mehr zu den genutzten Arbeitsgeräten, so dass ein Umdenken erforderlich ist. Die IKT-Anwendung im Smart Farming wird so auch als die „Dritte Grüne Revolution“ bezeichnet. Neben Pflanzenzüchtung und Gentechnik beeinflusst diese die landwirtschaftliche Welt über die Kombination von IKT-Lösungen, IoT, Sensoren und Aktoren, Geo-Positionierungssysteme, Big Data, unbemannte Luftfahrzeuge (UAVs), Drohnen, Robotik, etc. Smart Farming hat das Potential, durch einen präziseren und ressourceneffizienten Ansatz eine produktivere und nachhaltigere Landwirtschaft zu unterstützen.
Während in den USA 20 bis 80 Prozent der Landwirte Smart Farming Tools nutzen, sind es in Europa lediglich bis zu 24 Prozent. Aus Sicht der Landwirte soll Smart Farming einen Zusatznutzen in Form von Entscheidungsunterstützung oder der Optimierung von Prozessen bieten.

2.4 Smart Agricultural Knowledge and Innovation Systems (AKIS)

Smart Farming ist eng mit den drei Technologiebereichen des Smart Agricultural Knowledge and Innovation Systems (AKIS) verknüpft:

(1) Management-Informationssysteme: Systeme zum Sammeln, Bearbeiten, Analysieren, Speichern und Kommunizieren von Daten in einer Form, welche für die Ausführung von Prozessen und Funktionen in der Landwirtschaft nötig ist.

(2) Präzisionslandwirtschaft (Precision Farming): Managen von räumlicher und zeitlicher Variabilität, um die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen und negative Umwelteinflüsse durch optimierten Input zu reduzieren. Dies schließt Systeme zur Entscheidungsunterstützung (DSS) für das gesamte Betriebsmanagement ein, um Erträge zu optimieren und gleichzeitig Ressourcen zu schonen. Die Verwendung von GPS, globalen Navigationssatellitensystemen GNSS, Luftbildern von Drohnen und die jüngste Generation von Zeitreihen-Bildern der Sentinel-Satelliten gewährleistet die Erstellung von Karten hoher Auflösung unter Berücksichtigung verschiedenster

[11]https://www.lsa-partnernetzwerk.de/fokusthemen/kuenstliche-intelligenz/ki-in-der-landwirtschaft/

Faktoren (z. B. Ertrag, Geländeeigenschaften, Topographie, Humusgehalt, Bodenfeuchte, N-Status).

(3) Landwirtschaftliche Automatisierung und Robotik: Der Prozess zur Anwendung von Automatisierung, Robotik und künstlicher Intelligenz auf allen Ebenen der landwirtschaftlichen Produktion unter Berücksichtigung von Farmbots und Farmdrones[12].

2.5 Vorteile von Smart Farming

- Smart Farming ermöglicht es, die Landwirtschaft gleichzeitig nachhaltiger, effzienter und resistenter zu gestalten.
- Geringere Kosten für Sensorik machen Investitionen in Smart-Farming-Technologien attraktiv.
- Smart-Farming-Anwendungen eigenen sich nicht nur für konventionell wirtschaftende Großbetriebe, sondern haben auch das Potential, Familienbetriebe (kleinräumig, Spezialkulturen, Erhalt von seltenen Sorten/Arten) und den Ökologischen Landbau zu unterstützen.
- Eine akzeptierte und transparente Produktion im Sinne des europäischen Verbrauchers wird möglich.
- Smart Farming trägt zur umweltgerechten Produktion bei, z. B. durch effiziente Wassernutzung oder optimiertes Bestandsmanagement[13].

2.6 Einsatz künstlicher Intelligenz in der Landwirtschaft

- digitale Assistenzsysteme unterstützen Landwirte durch Monitoring und Zusatzinformationen autonome mit Sensorik ausgestattete Landmaschinen
- Vernetzung von Landmaschinen
- Versorgung von Pflanzen in Vertical-Farming-Systemen (Steuerung von Licht-, Nährstoff- und Temperaturverhältnisse, Bewässerungsroboter)

Das landwirtschaftliche Leitprinzip der nächsten Dekade lautet:

Mit weniger Betriebsmitteln mehr produzieren.

2.7 Künstliche Intelligenz in der Tierhaltung

Große Potenziale für Tierwohl, Nachhaltigkeit und Umwelt, einer Studie des Branchenverbands der deutschen Informations- und Telekommunikationsbranche (Bitkom), des Deutschen Bauernverbands und der Rentenbank zufolge sagen 81 Prozent der Landwirte, die Digitalisierung erhöhe vor allem die Produktionseffizienz. 79 Prozent betrachten die körperliche Entlastung als Vorteilen und mehr als jeder Zweite (57 Prozent) betont eine bessere Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben. Aus Sicht der Landwirte können auch Umwelt und Tiere von der Digitalisierung profitieren. 93 Prozent der Befragten sind der Ansicht, dass digitale Technologien dabei helfen, Dünger, Pflanzenschutzmittel und andere Ressourcen einzusparen. 81 Prozent sagen, dass durch digitale Technologien eine umweltschonendere Produktion ermöglicht werde. Sieben von zehn Landwirten (69 Prozent) betonen, die Digitalisierung sei prinzipiell eine große Chance für eine nachhaltigere Landwirtschaft. Zwei

[12]https://www.lsa-partnernetzwerk.de/fokusthemen/kuenstliche-intelligenz/ki-in-der-landwirtschaft/
[13]https://www.lsa-partnernetzwerk.de/fokusthemen/kuenstliche-intelligenz/ki-in-der-landwirtschaft/

Drittel (65 Prozent) gehen davon aus, das digitale Technologien zu einer Steigerung des Tierwohls beitragen könnten.
Die Anfänge der Digitalisierung mit automatischer Fütterung, Melkrobotern, intelligenten Klimasystemen und sensorgestützter Tierüberwachung sind in der Praxis bereits angekommen[14].
Dazu gehören:

- Beschleunigungssensoren, die die die Aktivität von Tieren messen
- Bildanalysen, die Auskunft über die Gewichtszunahme geben
- optische Sensoren, die die Zusammensetzung der frisch gemolkenen Milch erkennen
- Fütterungsautomaten, die mit einer digitalen tierindividuellen Fütterung eine alters- und leistungsoptimierte Ernährung des einzelnen Nutztieres sichern und den Landwirt informieren, wenn es bei der Fütterung Probleme gibt
- Robotertechnik, die das Melken übernimmt

3 DIGITALISIERUNG IN DER LANDWIRTSCHAFT

3.1 Der vernetzte Bauernhof

Foto Freudenberger sealingtechnologie, 16.04.2019

Dass sich Produktion, Logistik und Handel die Vorteile der Digitalisierung zunutze machen, ist weithin bekannt. Dass die Landwirtschaft dem in nichts nachsteht, mag einige über-raschen. Das allerdings nur auf den ersten Blick. Von der Viehzucht bis zum Ackerbau helfen Datenerfassung und Vernetzung, bessere Ergebnisse zu erzielen und die beschwerliche Arbeit zu erleichtern[15].
Wer heute einen modernen Bauernhof betritt, der erhält einen guten Einblick davon, wie fortschrittlich das Arbeitsleben zwischen Acker und Stall geworden ist. Wie von Geisterhand verrichten immer mehr Gerätschaften ihren Dienst vollkommen eigenständig. So befahren etwa Traktoren autonom die Felder, Kühe suchen selbstständig Melkroboter auf und

[14]https://www.lsa-partnernetzwerk.de/fokusthemen/kuenstliche-intelligenz/ki-in-der-landwirtschaft/

[15]https://www.fst.com/de/corporate/magazin/digitalisierung/der-vernetzte-bauernhof/

Fütterungsroboter mischen die Nahrung nach den Vorgaben des Landwirts zusammen. Anschließend bringen die Roboter das Futter zu den Ställen und verteilen es. Es ist sogar möglich, einzelnen Kühen einen individuellen Mix zuzubereiten. Vorgänge wie diese behält der Bauer über seinen Rechner im Blick und kann sie über eine App auf seinem Smartphone steuern. Und auch wenn Landwirte natürlich immer noch auf ihr Händchen in der Viehzucht und ihre Erfahrung bei der Saat und Ernte vertrauen, so erleichtern ihnen neue Technologien das Tagwerk.
Aktuelle Entwicklungen im Bereich der Elektronik, der Informations- und Kommunikationstechnologie, zusammengefasst unter dem Begriff „Digitalisierung", stehen nach Ansicht wesentlicher Meinungsbildner am Anfang eines weiteren Entwicklungssprungs, der alle Bereiche des täglichen Lebens und die gesamte Gesellschaft erfassen wird. So spricht der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft von der „digitalen Zeitenwende", die unseren Alltag in einer faszinierenden Geschwindigkeit verändert, wie zum Beispiel das Smartphone und die mit diesem Gerät verbundenen Möglichkeiten. Die daraus folgende Informationsverfügbarkeit zu jedem Ort und zu jeder Zeit eröffnet noch ungeahnte Möglichkeiten der „Online"-Kommunikation zwischen Maschinen untereinander sowie zwischen Mensch und Maschine. In Verbindung mit der satellitengestützten Navigation von Maschinen entwickeln sich Technologien, die zu einer drastischen Veränderung der Aufgaben und Arbeiten der in der Landwirtschaft tätigen Menschen führen wird.
Hohe wöchentliche Arbeitszeiten (Abbildung untenstehend) erklären den Bedarf und Wunsch nach Automatisierungslösungen auch im landwirtschaftlichen Bereich[16].

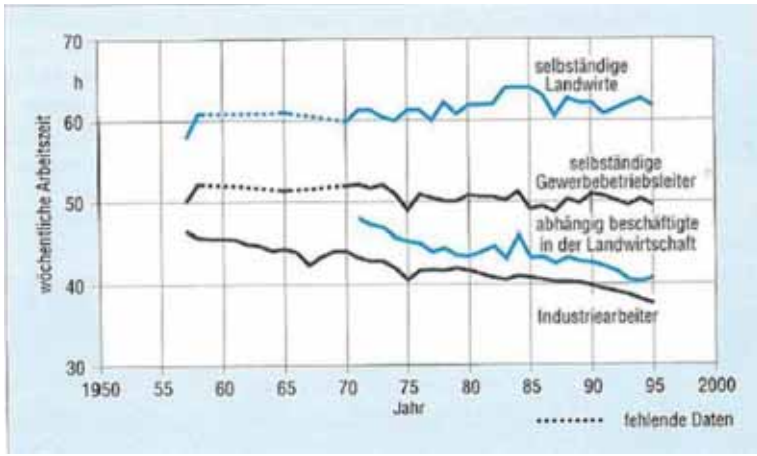


Abbildung wöchentliche Arbeitszeiten im Vergleich (Quelle: Schön et al)

3.2 Landwirtschaft braucht technische Entwicklungen

Letztlich ist es nur konsequent, dass die Landwirtschaft 4.0 an Fahrt gewinnt. Schließlich bewirtschaften heutzutage immer weniger Landwirte immer größere Ackerflächen und halten immer mehr Nutzvieh. In Europa sank die Anzahl der landwirtschaftlichen Betriebe in den letzten 40 Jahren auf unter ein Drittel. Auf der anderen Seite stieg die Produktivität enorm an. Einfache Ställe wichen großen klimatisierten Hallen. Kleinteilige Parzellen machten Platz für großflächigen Ackerbau. Das führte nicht nur zur Anschaffung immer größerer Traktoren, sondern verhalf der Automatisierung zum Durchbruch in der Landwirtschaft. Angefangen

[16]https://www.fst.com/de/corporate/magazin/digitalisierung/der-vernetzte-bauernhof/

beim elektronisch gesteuerten stufenlosen Getriebe in Traktoren über das Flottenmanagement bis hin zum automatischen Melksystem.

3.3 Mehr Möglichkeiten, mehr Effizienz

Mit den 2000er Jahren kamen weitere Vorzüge hinzu. Etwa das auf Satellitentechnik basierende automatische Lenksystem von Traktoren, oder die sensorgestützte Düngung und Bewässerung von Anbauflächen. Das hilft Ressourcen und damit Kosten zu sparen. Zugleich lässt sich die Umweltbelastung verringern. Autonome Futtermischwagen sowie Stallreinigungsroboter erleichtern dahingegen die Nutztierhaltung. Mehr als die Hälfte aller westeuropäischen Landwirte sollen inzwischen digitale Technologien in der Tier- und Pflanzenaufzucht einsetzen. Am weitesten verbreitet sind GPS-Technologien und intelligente Maschinen, die untereinander kommunizieren[17].

3.4 Weltweite Vorteile durch Digitalisierung in der Landwirtschaft

Oft profitieren von den Innovationen zunächst große Landwirtschaftsbetriebe. Doch auch kleinere Bauernhöfe sind verstärkt imstande neue Entwicklungen aufzugreifen. Dabei helfen Start-ups, die kostengünstige Eigenentwicklungen auf den Markt bringen. Auch auf dem afrikanischen Kontinent wächst die Hoffnung, mit digitaler Unterstützung die heimische Landwirtschaft zu optimieren. Das ist aufgrund der steigenden Bevölkerung und schwierigen klimatischen Bedingungen dringend geboten. Startups von Ghana und Nigeria bis Kenia versuchen diesen Prozess zu begleiten, indem sie den Bauern Analysetools an die Hand geben. Sie sollen helfen, den Ernteertrag zu erhöhen. Zudem besteht eine Hoffnung, mit dem Einsatz moderner Technologie, die Landwirtschaft für jüngere Menschen attraktiver zu machen. Denn einer der ältesten Berufe der Welt ist technologisch längst auf der Höhe der Zeit, und zwar länderübergreifend[18].

3.5 Die Zukunft der Nutztierhaltung

Eine Kuh schlägt mit ihrem Schwanz träge nach dem permanenten Surren, aber die Drohne hält ihre Position über der Herde. Die Bilder, die sie sammelt, werden mit Hilfe von Daten über die entsprechenden Tiere und einem über den Betrieb verteilten Sensorarray analysiert. Ein paar Meilen weiter beschließt ein Landwirt aufgrund dieser Informationen, die Herde weiterzutreiben. Virtuelle Tore öffnen sich an einem unsichtbaren Zaun und die Drohne lässt ein Signal ertönen, das die Tiere in Bewegung versetzt. Von einer derart futuristischen Rinderzucht sind wir gar nicht mehr so weit entfernt[19].
Die Zucht von Nutztieren zur Fleischerzeugung bringt ein paar komplexe Fragestellungen mit sich. Ihre Vielseitigkeit macht diese Tiere zu einem zentralen Faktor für das Überleben von Millionen von Menschen, die in ländlichen Gebieten leben. Fleisch und Milchprodukte sind ausgezeichnete Lieferanten für Proteine, Mineralien und Vitamine. Sofern sie korrekt gehalten werden, können Nutztiere einen wichtigen Beitrag zu einem funktionierenden Ökosystem leisten und beispielsweise die Bodengesundheit verbessern. Allerdings gibt es Bedenken ob der Nachhaltigkeit der Industrie. Fleisch ist eine eher ineffiziente Möglichkeit, um Kalorien zu produzieren. Etwa 40 Prozent des weltweiten bewirtschafteten Landes entfallen auf die Haltung von Nutztieren, die aber nur 20 Prozent der menschlichen Kalorienaufnahme ausmachen. Im Verhältnis wären das also 12 Kalorien aus Hühner-erzeugnissen auf 100 Kalorien aus Getreideprodukten. Bei Rind wäre man sogar nur bei 3 zu 100. Obwohl Nutztiere

[17]https://www.fst.com/de/corporate/magazin/digitalisierung/der-vernetzte-bauernhof/

[18]https://www.fst.com/de/corporate/magazin/digitalisierung/der-vernetzte-bauernhof/

[19]https://www.nationalgeographic.de/wissenschaft/2019/04/die-zukunft-der-nutztierhaltung

etwa ein Drittel aller Getreideerzeugnisse fressen, besteht ihre Nahrung zu 86 Prozent aus Gräsern, Blättern und anderen Pflanzen, die für den menschlichen Verzehr nicht geeignet sind. Daher, so wird argumentiert, tragen Nutztiere positiv zur Ernährungssicherung bei, indem sie das Ungenießbare genießbar machen.

Während die Debatten weitergehen, steigt auch die Nachfrage immer stärker. Im Laufe der letzten drei Jahrzehnte hat sich der Verbrauch von Milch und Fleisch in den Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen verdreifacht, was größtenteils auf den wachsenden Wohlstand und die Urbanisierung zurückzuführen ist. Dieses Wachstum besteht zusätzlich zu einer ohnehin schon riesigen Nachfrage in den Industrieländern. Der durchschnittliche US-Amerikanerverzehrt pro Jahr 100 Kilogramm Fleisch. Schätzungen zufolge wird die globale Nachfrage bis zum Jahr 2030 um weitere 80 Prozent steigen. Das stellt uns vor eine enorme Herausforderung, wenn wir die wachsende Bevölkerung weiterhin mit den begrenzten Agrarflächen der Erde versorgen wollen. Die 1,4 Milliarden Rinder der Welt und die Milliarden von Schweinen und Hühnern nehmen bereits zwei Milliarden Hektar Weideland in Anspruch. Etwa 700 Millionen dieser Hektar könnten effektiver für den Anbau von Feldfrüchten genutzt werden, die direkt für den menschlichen Verzehr gedacht sind. Sofern wir nicht alle zu Vegetariern werden wollen, liegt eine potenzielle Lösung in der Produktivitätssteigerung der Nutztiere. Das genetische Potenzial eines durchschnittlichen Farmtieres ist im Hinblick auf die Produktion vermutlich noch nicht ausgeschöpft. Aber schon heute werden Technologien und Techniken entwickelt und getestet, um diese Lücke zu schließen und auch künftig Fleisch auf dem Teller zu garantieren.

Landwirte strebten schon immer nach Effektivität. Jahrtausende lang haben sie Tiere selektiv gezüchtet, um ihre Widerstandsfähigkeit und ihre Produktivität zu steigern. In den USA produzieren Milchkühe mittlerweile viermal so viel Milch wie noch vor 75 Jahren. Mit Hilfe von Genomsequenzierung, künstlicher Besamung und Embryotransfer könnte die Wissenschaft einigen Tieren bald zu einer Spitzenproduktivität verhelfen. Unterstützt werden diese Techniken durch bessere Ernährung, die dafür sorgt, dass die Tiere ihr Futter besser in Protein umwandeln können. Durch das Hinzufügen natürlicher Enzyme und organischer Säuren wird das Futter leichter verdaulich, sodass die Tiere mehr Nährstoffe aus einer größeren Vielfalt nährstoffarmer Pflanzen ziehen können. Zudem fördern die Zusätze eine gesunde Darmflora und machen die Tiere so auch weniger krankheitsanfällig. Da wir den genauen Nährstoffbedarf der Tiere immer besser kennen lernen, können wir Nahrung entwickeln, die ihre Energie, ihren Proteingehalt und ihren Vitaminhaushalt optimiert und gleichzeitig ihr Wohlbefinden steigert, mit dem Ergebnis größerer Erträge und gesünderer Herden.

Das Herzstück in der Vision der zukünftigen Landwirtschaft bildet für die meisten Menschen aber Technologie. Die Drohnen, Sensoren und Wearables, die beim Precision Farming zum Einsatz kommen, tragen alle zu mehr Effizienz bei.

Insbesondere Drohnen werden immer häufiger eingesetzt, um die Gesundheit und Produktivität von Herden und ihrem Weideland zu überwachen. Die Maschinen können große, schwer zugängliche Bereiche abdecken und mit Infrarotsensoren und hochauflösenden Multispektralkameras Bilder der Herden in Echtzeit verschicken. Das kann den Farmern dabei helfen, verlorene Tiere zu finden, Neugeborene zu entdecken und Krankheiten in Herden oder Einzeltieren zu bemerken. Ebenso können die Drohnen den Zustand des Weidelandes anzeigen, was den Landwirten bei der Entscheidung hilft, die Tiere für besseres Futter, Wasser oder aus Sicherheitsgründen weiterzutreiben. Es könnte sogar möglich sein, die Tiere darauf zu trainieren, der Drohne zu folgen, fast so, als wäre sie ein ferngesteuerter Hightech-Schäferhund.

Drohnen werden nur eine von vielen Technologien sein, die Farmer mit digitalen Informationen versorgen. An Tränken angebrachte 3D-Kameras können das Gewicht und den Körperbau eines Tieres akkurat einschätzen und eventuelle Krankheiten identifizieren.

Wärmebildkameras im Stall können Euterentzündungen entdecken, die den Milchertrag senken. Kameras in Hühnerverschlägen können Tausende von Vögeln überwachen, um Verhaltensauffälligkeiten zu entdecken, die auf mögliche Probleme hindeuten könnten. Smart-Halsbänder und Wearables könnten eines Tages alles von der Fruchtbarkeit bis zur Gesundheit überwachen, während elektronische Ohrmarken konstant die Körpertemperatur messen und über Bluetooth verbundene Schweiß-Sensoren Informationen über den Natrium-, Kalium- und Glukosewerte liefern. Selbst der Atem einer Kuh kann analysiert und auf Anzeichen von Ernährungsproblemen geprüft werden. Mit Hilfe seines Smartphones kann der Landwirt über Apps vor Ort Diagnosen zu Stoffwechselerkrankungen von Schweinen und Kühen stellen und das nur anhand von ein paar Bildern.
Gerade Viehzüchter gehören zu den Early Adopters von Neuentwicklungen in der Robotik, in der rasante Fortschritte gemacht werden, angefangen bei automatisierten Fütterungsanlagen bis zu Robotern, die das Vieh hüten. Diese Technologie spart aber nicht nur Arbeit sondern optimiert die laufenden Prozesse erheblich. Automatisierte Melkroboter können die Kühe nach ihrem individuellen Biorhythmus melken und so deren Gesundheit und den Milchertrag steigern. Gleichzeitig sammeln die Roboter riesige Informationsmengen. Die gesammelten Daten werden mit einer Betriebs-Management-Software synchronisiert, die dem Landwirt einen Überblick über den Gesundheitszustand der gesamten Herde liefert und auch spezifische Handlungsempfehlungen für einzelne Tiere bietet. Eine Erweiterung dieses Systems ist das kybernetische Grasen, bei dem Tiere mit GPS-Halsbändern ausgestattet werden. Diese können die Höhe des Grases messen und die Herde auf frische Weiden treiben, indem sie virtuelle Zäune öffnen oder schließen, die durch optische, visuelle oder elektrische Reize definiert werden.
Nicht alle Verbesserungen sind zwingend technologischer Natur. In sogenannten Hutewäldern grasen die Tiere zwischen Bäumen und Sträuchern mit essbaren Blättern oder Früchten und produzieren mehr Milch und Fleisch. Diese Art der Weidehaltung ist sowohl für die Tiere als auch die Umwelt besser. In Kolumbien wird die Futterpflanze Weißkopfmimose (lat. Leucaenaleucocephala) zusammen mit dem Gras auf Weiden ausgesät und hat den Proteingehalt des Viehs um 64 Prozent gesteigert, während andernorts eine gesteigerte Milchproduktion auf sie zurückgeführt wird. Eine der radikalsten Möglichkeiten zur Deckung des künftigen Fleischbedarfs ist die Zucht aus Zellkulturen. Wenn Fleisch auf diese Weise in brauereiartigen Fabriken hergestellt werden könnte, wären kein Futter und Wasser und keine Medikamente für die Zucht und Pflege lebender Tiere mehr nötig. Zudem könnten wertvolle Ackerflächen anderweitig genutzt werden. Sowohl an der wissenschaftlichen als auch an der wirtschaftlichen Umsetzung wird derzeit noch gearbeitet. Aber da es scheint, als würde die Nachfrage nach Fleisch eher wachsen als schrumpfen, könnte Invitro-Fleisch dabei helfen, diese Herausforderung zu meistern[20].

3.6 Entwicklung der Landwirtschaftstechnik

3.6.1 Professionelle Serviceroboter für die Landwirtschaft

Im Stall helfen kleine Chips den Überblick zu behalten. Am Hals von Milchkühen über-wachen sie deren Kauverhalten und die zu sich genommene Futtermenge. An den Beinen zeichnen sie die Bewegung der Tiere auf. Obendrein kann sich der Bauer die Milchmengen und deren Zusammensetzung auf seinem Smartphone anzeigen lassen. All dies bietet Rückschlüsse auf das Wohlbefinden der Kühe und hilft möglichen Krankheiten frühzeitig nachzugehen. Das Risiko der Landwirte, wirtschaftliche Einbußen zu erleiden, lässt sich minimieren. Der moderne Landwirt wird zu einem Datenmanager, der die beständig ge-sammelten

[20]https://www.nationalgeographic.de/wissenschaft/2019/04/die-zukunft-der-nutztierhaltung

Informationen richtig überblicken und interpretieren muss, um seinen Betrieb effizienter zu bewirtschaften.

Foto Freudenberger sealingtechnologie, 16.04.2019

Kuhmelkroboter gehörten zu den ersten Robotersystemen, die in der Landwirtschaft eingesetzt wurden. In den letzten Jahren sind zahlreiche Melkroboterprodukte mit durchschlagendem Erfolg auf den Markt gekommen. Melkroboter haben in den Milchviehbetrieben weltweit eine breite Akzeptanz gefunden.
Sie bestehen aus einer stationären Einheit, in die die Kuh freiwillig geht, um gemolken zu werden. Ein Transponder um den Hals der Kuh informiert den Roboter über ihre Daten und ermöglicht so eine Reihe von Herdenmanagementaufgaben wie die Überwachung der Kontrolle der Milchleistung, des Milchflusses und der Milchqualität. Der Melkroboter führt den gesamten Melkvorgang durch. Die während des Melkvorgangs gesammelten Informationen werden dem Landwirt über ein computergestütztes Herdenmanagementsystem zur Verfügung gestellt. Auch die Automatisierung von Ställen ist auf dem Vormarsch. Roboter-Stallreiniger, Fütterungsanlagen und Transportsysteme gehören dazu. Von Lely, Schauer Agrotronic GmbH und Peter Prinzing GmbH wurden verschiedene mobile Stallreiniger vorgestellt, die helfen, Ställe mit Spaltenböden sauber zu halten, indem sie sich automatisch durch den Stall bewegen, ohne die Kühe zu stören. Die batteriebetriebenen und automatisch wieder aufladbaren Reiniger sind so programmiert, dass sie den Boden optimal abdecken. Ein darunter angebrachter Schieber schiebt den Dung durch die Öffnungen des Spaltenbodens. Der Lely Juno Fütterungsroboter fährt automatisch über die Futtergasse, indem er dem Fressgitter folgt. Er schiebt das Futter so oft wie nötig zum Zaun, ohne die Kühe zu stören. Andere Initiativen beginnen mit der Erforschung der Roboterunterstützung bei der Tierpflege und beim Hüten. Eine ähnliche Anwendung wurde von DeLaval und Hetwin vorgestellt. Die Firma Faromatics präsentiert einen weiteren Ansatz auf dem Markt der Viehhaltungsroboter. Ihr Roboter “ChickenBoy” ermöglicht eine kontinuierliche Überwachung der Tiere, so dass deren Bedürfnisse schnell und zuverlässig erkannt werden können. Die Befriedigung dieser Bedürfnisse hilft den Landwirten, die Gesundheit und das Wohlergehen ihrer Tiere zu verbessern und wettbewerbsfähiger zu werden[21].

3.6.2 Tierfütterung

Die Entwicklung der Technik in der Landwirtschaft steht in engem Zusammenhang mit dem Strukturwandel in diesem Bereich. Noch vor 1950 war die landwirtschaftliche Produktion durch sehr viel Handarbeit geprägt. Durch den technischen Fortschritt und den Einsatz von Traktoren, Mähdreschern und Melkmaschinen wurde es möglich, mit weniger Arbeitskräften

[21]https://leotronics.eu/de/unser-blog/professionelle-serviceroboter-fuer-die-landwirtschaft-melken-und-viehzucht

größere Flächen zu bewirtschaften und größere Tierbestände zu halten. Tierställe sind für die Automatisierung gut geeignet. Innerhalb von Ställen haben sich deshalb je nach Aufgabe unterschiedliche Systeme entwickelt.
Im Folgenden werden diese Systeme am Beispiel der Milchviehhaltung erklärt. Mit Hilfe der bestehenden, am Markt verfügbaren Geräte, können die zeitaufwändigsten Arbeiten vom Füttern über das Melken bis zum Entmisten automatisiert werden. Für die Fütterung gibt es sogenannte automatische Fütterungssysteme, welche das Mischen und Füttern übernehmen Bild 1 und 2)[22].

Bilder 1 und 2 austria-forum AEIOU Automatisierung_in_der_Landwirtschaft, März 2017

Die Gründe für den Einsatz von automatischen Fütterungssystemen sind vielfältig, jedoch stehen Arbeitserleichterung und Zeiteinsparung für viele Landwirte im Vordergrund. Ein System, welches die Beschickung eines mobilen Futtermischwagens anders mit einem automatischen Greifer löst, zeigen die folgenden Bilder.
Bei diesem System werden Futterblöcke in der Futterküche gelagert. Die von der Decke hängende Greifeinrichtung greift das Futter, welches auf vordefinierten Plätzen liegt, und transportiert es in den mobilen Futtermischwagen (Bild 3 und 4). Mit Hilfe von am Boden montierten Metallplatten findet die mobile Einheit den Weg in den Tierbereich.

Bilder 3 und 4austria-forum AEIOU Automatisierung_in_der_Landwirtschaft, März 2017

Über eine seitliche Auswurföffnung wird das Futter auf den Futtertisch gebracht, damit die Tiere es erreichen können[23]. Um das von den Tieren weggeschobene Futter wieder in Reich-

[22]https://austria-forum.org/af/AEIOU/Automatisierung_in_der_Landwirtschaft
[23]https://austria-forum.org/af/AEIOU/Automatisierung_in_der_Landwirtschaft

weite der Tiere zu bringen, gibt es automatische Futternachschieber. Dabei wird das Futter durch Entlangfahren am Futtergitter durch eine Schneckenfördereinrichtung (Bilder 5 und 6) in die Reichweite der Tiere befördert. Die Orientierung erfolgt beispielsweise mittels im Boden eingesetzter Magnete, denen der Roboter folgt[24].

Bilder 5 und 6 austria-forum AEIOU Automatisierung_in_der_Landwirtschaft, März 2017

3.6.3 Milchernte und Tierwohl

Automatische Melksysteme (Bilder 7) werden umgangssprachlich Melkroboter genannt und automatisieren den Melkvorgang. Während die Kuh gemolken wird, kann Sie auch gleichzeitig gewogen und die Milch auch auf Inhaltsstoffe untersucht werden. Dadurch erhält der Landwirt umfangreiche Informationen über den Gesundheitsstatus der Tiere und die Möglichkeit, Krankheiten sehr früh zu erkennen und gleichzeitig eine Kontrollfunktion über die Qualität der gemolkenen Milch.
Die Milchviehhaltung ist durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Hoher Preisdruck aufgrund politischer Entscheidungen, wie z. B. die obligatorische Milchquote
- Trotz bestehender Automatisierungslösungen, wie dem Melkkarussell, wird immer noch etwa eine menschliche Arbeitskraft pro 30-50 Kühe benötigt
- Die Arbeitskosten pro Liter Milch machen etwa 22 % der Gesamtkosten aus
- In den meisten Industrieländern wird sich der Mangel an Melkpersonal wahrscheinlich noch verschärfen
- Strenge Hygienevorschriften[25]

3.6.4 Die Wirtschaftlichkeit eines Melkroboters

Die Wirtschaftlichkeit digitaler Technik wird von dem häufig höherem Investitionsbedarf und den geringeren Kosten für die Arbeit bestimmt. Sie ist aber auch durch höhere Erträge gekennzeichnet. Nach einer Analyse des KTBL führt der Einsatz Automatischer Melksysteme zu einer höheren Milchmenge von durchschnittlich 7 %[26].

---

[24]https://austria-forum.org/af/AEIOU/Automatisierung_in_der_Landwirtschaft

[25]https://leotronics.eu/de/unser-blog/professionelle-serviceroboter-fuer-die-landwirtschaft-melken-und-viehzucht

[26]https://www.topagrar.com/management-und-politik/news/automatisierung-in-der-tierhaltung-nimmt-zu-9563083.html

Die Vorteile für die Landwirte liegen auf der Hand. Weniger manuelle Arbeit und mehr Zeit für das computergestützte Herdenmanagement zur Überwachung und Kontrolle der Herdengesundheit. Die Vorteile für die Kühe sind ebenso bedeutsam. Sie können frei entscheiden, wann sie gemolken werden wollen. Die Systeme ermöglichen einen freien Kuhverkehr. Die Erfahrung hat gezeigt, dass die Kühe, wenn sie sich selbst überlassen werden, zwei- bis viermal am Tag in die Anlage kommen, um gemolken zu werden, und das zu fast jeder Tages- und Nachtzeit. Der Einsatz automatischer Melksysteme in größeren Herden ist möglich, erfordert aber eine vollständige Umstrukturierung des Stalls und der Herde.

Automatische Melkkarussellsysteme wie der automatische Melkroboter (AMR) von DeLaval zielen darauf ab, große Herden mit mehr als 300 Kühen zu bedienen. Eine Studie, die unter Besitzern automatischer Melksysteme in Spanien durchgeführt wurde, hat gezeigt, dass die Betriebe mit den besten Ergebnissen in Bezug auf Lebensqualität und Freizeit (Verbesserung der psychischen Gesundheit und mehr Zeit für Familie und Hobbys) diejenigen zu sein scheinen, die einen AMR und eine angemessene Anzahl von Tieren haben, die auf die optimale Nutzung des AMR eingestellt sind. In weiteren Studien wurde gezeigt, dass Kühe mit AMR gesünder und glücklicher zu sein scheinen.

Ein Melkrobotersystem umfasst ein Melkmanagementsystem, das sich auf die Identifizierung jeder Kuh durch Ohrmarken, Transponder oder Schrittzähler stützt. Jeder Roboter bewältigt kostengünstig 60 oder mehr Kühe.

Die Kostenanalyse hat gezeigt, dass Melkroboter rentabel sind und bei derzeitigen Produktionspreisen von 0,25 bis 0,40 Euro pro Liter (in Europa) einen Gewinn von etwa 0,02 bis 0,04 Euro pro Liter bringen. Auf dem Markt sind Produkte mit unterschiedlichen Kapazitäten sowie skalierbare Systeme, die schrittweise an wachsende Kuhherden angepasst werden können.

Im Melksystem wird jede Kuh identifiziert, damit das System entscheiden kann, ob sie gemolken werden soll oder nicht. In der Regel sollte eine Kuh bereit sein, etwa sieben Liter Milch zu produzieren, bevor sie gemolken wird. Wenn eine Kuh zu früh zum Melksystem zurückkehrt, wird sie nicht gemolken[27].

Der Arbeitsvorgang des Einstreuens kann mit Hilfe von automatischen Einstreusystemen (Bild 8) erledigt werden[28]. Die derzeitigen Melkroboter werden jedoch meist für kleinere Herden mit mehr als 80 bis weniger als 500 Kühen eingesetzt, da ihre Durchsatzleistung begrenzt ist.

Bilder 7 und 8 austria-forum AEIOU Automatisierung_in_der_Landwirtschaft, März 2017

[27]https://leotronics.eu/de/unser-blog/professionelle-serviceroboter-fuer-die-landwirtschaft-melken-und-viehzucht

[28]https://austria-forum.org/af/AEIOU/Automatisierung_in_der_Landwirtschaft

3.6.5 Stallreinigung

Im Bereich der Entmistung sind für Ställe mit Spaltenboden autonom navigierende Spaltenreiniger am Markt verfügbar (Bilder 9 und 10).

Bilder 9 und 10 austria-forum AEIOU Automatisierung_in_der_Landwirtschaft, März 2017

3.7 Roboter als Kuhhirte im Einsatz

In Zukunft könnten Roboter die Aufgabe von Kuhhirten übernehmen. Forscher an der Sydney University haben ein Roboter-Gefährt auf vier Rädern entwickelt, das eine ganze Herde von Kühen von einem Ort zum anderen treiben kann. “Rover”, so der Name des Roboters, hat bei einem Versuch eine Herde von der Weide bis zu einer Molkerei gebracht. Offenbar war es ein Einfaches, dass die Kühe den Roboter als ihren “Hirten” akzeptierten. Weil sich der Roboter gleichmäßig fortbewegte, seien auch die Kühe ruhig geblieben und hätten sich nach eigener Geschwindigkeit bewegt, so Kendra Kerrisk aus dem Forscherteam. Das sei vor allem wichtig, damit die Kühe nicht lahmen. Rover ist die Adaption eines Roboters, der bereits im Bereich des Gemüse- und Obstanbaus zum Einsatz kommt. Der Prototyp muss noch von einem Menschen gesteuert werden, künftig hoffen die Forscher aber, dass sich das Gerät vollautomatisch bewegen wird[29].

[29]https://futurezone.at/science/roboter-als-kuhhirte-im-einsatz/36.162.293

https://www.pctipp.ch/news/cloud/der-roboter-als-kuhhirte-1973755.html

4 CHANCEN UND HERAUSFORDERUNG VON LANDWIRTSCHAFT 4.0

4.1 Chancen und Perspektiven

Mikroelektronik und Informationstechnologie bieten neue Ansätze zur Entwicklung einer „nachhaltigen“ Nutztierhaltung durch „naturnahe“ Haltungsbedingungen und einer rechnergestützten Qualitätssicherung bei gleichzeitiger Steigerung der Arbeitsproduktivität und Minderung der Gebäudeinvestitionen.

Kernpunkt der Anwendung von rechnergestützten Verfahren ist eine auf das Einzeltier bezogene Versorgung und Überwachung, sowie eine Automatisierung von Arbeitsabläufen (Precision Livestock Farming). Schlüsseltechnologie dafür ist die elektronische Tieridentifikation. Während rechnergestützte Fütterungsverfahren schon vielfach eingesetzt werden, wird die sensorgestützte Tier- und Qualitätsüberwachung stark an Bedeutung gewinnen. Entscheidende Veränderungen werden in der Milchviehhaltung von automatischen Melksystemen erwartet. Rechnergestützte und automatische Verfahren ermöglichen bei allen Tierarten eine artgerechtere Gruppenhaltung bei gleichzeitiger intensiver Einzeltierbetreuung sowie eine konsequente Anpassung der Haltungsbedingungen an die Ansprüche der Tiere (naturnahe Haltungsverfahren)[30].
Sowohl Prozessdaten der technischen Anlagen im Stall (z.B. Melkanlage, Fütterungs- und Lüftungsanlage) als auch tierspezifische Daten (z.B. Bewegung, Fress- und Tieraktivität, Vokalisation) können mittlerweile mit einer Vielzahl von Sensoren erfasst werden. Das Tier selbst rückt bei verschiedenen Gesundheits- und Verhaltensmonitoring-Ansätzen in den Vordergrund. Mit Sensoren werden immer detailliertere und genauere Informationen über die Tiere geliefert. Die sensorgestützte Überwachung der Sau in der Abferkelbucht ermöglicht die Früherkennung von Geburten oder von problematischen Situationen für Ferkel und Sau. Das Tier selbst als Signalgeber (Trink und Fressverhalten, Vokalisation) rückt zunehmend auch bei Monitoring-Ansätzen für die Ferkelaufzucht und Mast in den Vordergrund[31].

Die Digitalisierung kann landwirtschaftliche Unternehmen in Zukunft insbesondere dabei unterstützen,

a. die Effizienz der eingesetzten Betriebsmittel zu steigern und natürliche Ressourcen zu schonen
b. negative Umweltwirkungen zu reduzieren und positive Wirkungen auszubauen
c. den Beratungskräften zeitgemäße und zielgerichtete digitale Werkzeuge an die Hand zu geben
d. in der Tierhaltung die Entwicklung hin zu mehr Tiergesundheit und mehr Tierwohl zu fördern
e. eine adäquate Teilhabe der in der Landwirtschaft Tätigen am technischen Fortschritt sowie an den wirtschaftlichen und sozialen Entwicklungen zu ermöglichen
f. die gesellschaftliche Akzeptanz aller landwirtschaftlichen Produktionsformen zu befördern und lebenslanges Lernen zu unterstützen

[30] Prof. Dr. Dr. h.c. HANS SCHÖN, Dr. BERNHARD HAIDN, Dr. GEORG WENDL Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Vöttinger Str. 38 D-85354 Freising-Weihenstephan

[31] https://www.topagrar.com/management-und-politik/news/automatisierung-in-der-tierhaltung-nimmt-zu-9563083.html

g. die Aus-, Fort- und Weiterbildung effektiv, zielgerichtet und modern zu gestalten

Für den Landwirt ist das größte Hemmnis, dass viele Systeme nicht schnell erlernt sind und oft große Datenmengen von Hand eingegeben werden müssen. Das reduziert die Motivation. Der Nutzer muss schnell erste Ergebnisse sehen können, sonst wirken die Kosten der Soft-ware im Vergleich viel zu hoch. Deshalb werden Nutzbarkeit oder Usability in den kommenden Jahren an Bedeutung gewinnen.

Eine weitere Hürde ist das mobile Internet. Dessen Verfügbarkeit ist viel zu oft unzureichend. Offline-Lösungen bedürfen wiederum guter Datensynchronisierungskonzepte und das sind keine einfachen Aufgaben für die Hersteller. Die leichte Einrichtung, ein schneller Überblick und kurzfristige Erfolge sind zentral. Zudem wird in Ausbildung und Studium die Digitalkompetenz immer wichtiger[32].

4.2 Tierwohl weiter verbessern

Die aktuellen Herausforderungen im Precision Livestock Farming liegen weniger in der reinen technischen Entwicklung von Sensorik, sondern eher in der Aufbereitung und Nutzbarkeit der anfallenden Massendaten. Intelligente Dateninfrastrukturen sowie aussagekräftige Auswertungsalgorithmen sind in der Entwicklung zu Wissenssystemen, die das Tierwohl weiter verbessern. Mit permanent erfassten und ausgewerteten Gesundheits-parametern wird der Tierhalter in die Lage versetzt, im Bedarfsfall per Handy informiert zu werden, um darauf sofort reagieren zu können. Damit bekommt „das Auge des Herrn“ eine noch größere Bedeutung zu. Die Qualifikationsanforderungen an den Landwirt steigen weiter.

4.3 Herausforderungen und Risiken

Mit der Digitalisierung geht die Frage der Datenhoheit und Datensicherheit einher. Wem gehören die Daten, wer darf sie nutzen? Forderungen nach Rechtssicherheit stehen technische, wirtschaftliche und organisatorische Umsetzungs- und Nutzenfragen gegenüber. Aus Sicht der Landwirte sind Hersteller oder Dienstleister gefordert, die anfallenden betriebsbezogenen Daten in nutzbarer Form herauszugeben. Für eigene Zwecke darf ein Hersteller oder Dienstleister die Daten nur mit Einwilligung des Landwirts verwenden[33].

- Datenschutz, Datensicherheit, Datenhoheit: EU-Datenschutz-Grundverordnung (EU-DSGVO) und das Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) regeln den Schutz personen-bezogener Daten. Der Schutz von Daten, die von Maschinen erzeugt und in einer Datenbank oder Cloud gespeichert werden. Es handelt sich um eine Frage der Daten-hoheit („Wem gehören die Daten?“), die rechtlich und vertraglich geregelt werden muss.
- Herstellerübergreifende Datenformate & Kompatibilität der Systeme: Bei der Übertragung von Daten zwischen Schlepper und Anbaugerät spielt die Kompatibilität der Systeme eine entscheidende Rolle. Sollen z. B. bei der Aussaat GPS-Daten der Fahr-spuren erfasst und später bei der Düngung oder dem Pflanzenschutz wieder verwendet werden, müssen die Daten für die Software verschiedenster Traktoren und Anbaugeräte unterschiedlicher Hersteller verwendet werden können.
- Flächendeckende Infrastruktur (Breitbandausbau und Mobilfunknetzabdeckung): Aufgrund des geringeren Nachfragepotentials sowie der schwierigeren topografischen und räumlichen Bedingungen ist die Breitbandverfügbarkeit im ländlichen Raum bisher am

[32]https://www.lsa-partnernetzwerk.de/fokusthemen/kuenstliche-intelligenz/ki-in-der-landwirtschaft/
[33]https://www.topagrar.com/management-und-politik/news/automatisierung-in-der-tierhaltung-nimmt-zu-9563083.html

geringsten. Für die Digitalisierung der Landwirtschaft stellt dies eine besondere Herausforderung dar.

- Ständige Neuerungen erfordern eine fortwährende Weiterbildung: Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung der Technik fühlen sich die Landwirte zum Teil überfordert. Gleichzeitig verliert traditionelles Wissen – zumindest scheinbar – an Bedeutung. Dies kann zusätzlich zu sozialen Konflikten zwischen den Generationen führen. Auch die Zusammenarbeit zwischen Jung und Alt kann dadurch erschwert werden, dass unterschiedliche Kenntnisse und ein unterschiedliches Verständnis bezüglich des Einsatzes digitaler Techniken bestehen.

Landwirtschaft ist eine der Branchen, die derzeit eine digitale Transformation durchläuft – hin zu größerer Effizienz, Effektivität und Nachhaltigkeit. Datengestützte Tools und andere digitale Lösungen bringen die Branche in ungekanntem Tempo voran.
Die Landwirtschaft in steht global vor einer Mammutaufgabe. Sie muss ressourcenschonender und klimafreundlicher werden, gleichzeitig hochproduktiv und effizient. Sie muss für Ernährungssicherheit sorgen, sich an veränderte klimatische Bedingungen anpassen und gesellschaftlich akzeptiert sein. Diese unterschiedlichen Ziele konkurrieren miteinander und können dennoch gleichzeitig erreicht werden und das erfolgt durch Digitalisierung. Digitale Technologien machen die Landwirtschaft nicht nur nachhaltiger und wirtschaftlicher, sondern sorgen auch für mehr Transparenz und stärken regionale Strukturen. Schließlich wollen immer mehr Verbraucher erfahren, woher ihre Lebensmittel kommen[34].

[34]https://www.lsa-partnernetzwerk.de/fokusthemen/kuenstliche-intelligenz/ki-in-der-landwirtschaft/

Quellenverzeichnis

BMNT (2018) Digitalisierung in der Landwirtschaft Entwicklung,

HerausforderungenundNutzenderneuen Technologien für dieLandwirtschaft.BundesministeriumfürNachhaltigkeitundTouris-mus:Wien,September,bmnt.gv.at/service/publika-tionen/land/digitalisierung-in-der-landwirt-schaft.html.

Kehl, C.; Meyer, R.; Steiger, S., 2021, Digitalisierung der Landwirtschaft,

gesellschaftliche Voraussetzungen, Rahmenbeding-ungen und Effekte. Endbericht, Teile I und II, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundes-tag (TAB). doi:10.5445/IR/1000142951und doi:10.5445/IR/1000142950.

Oliveira, L. F. P., Moreira, A. P. und Silva, M. F., 2021, Advances in AgricultureRobotics: A State-of-the-Art Review andChallengesAhead, Robotics 10(2), 52 mdpi.com/2218-6581/10/2/52.

C. Aschauer, N. Barta, A. Gronauer, Austria Forum im März 2017 in Automatiesierung in der Landwirtschaft,Departmentfür nachhaltige agrarsysteme, institut für landtechnik, Peter Jordan Straße 82, 1190 Wien.

Dr Zdravko Vučićević[1]
Mr Dino Hodžić[2]

Pregledni rad
UDK 614.84:[620.193.43:669.14

ANALIZA OSJETLJIVOSTI ARMATURNOG ČELIKA NA TEMPERATURNE PROMJENE U USLOVIMA POŽARNE UGROŽENOSTI

Apstrakt

Sa modernim načinom života, privređivanja i primjene naprednih tehnologija, znatno su se povećali i rizici od požara na objektima i instalacijama, a što proporcionalno povećava i rizike po ljudske živote i štete na materijalnim dobrima kao i ugroženost životne sredine i okruženja u kome živimo.

Primjena konstrukcionih mjera, prevencija, rano uočevanje i javljanje, uzimajući u obzir karakteristike materijla kao i sistemska rešenja praćena inovativnim tehnološkim dostignućima mogu uticati na poboljšanje uslova bezbednosti zgrada u smislu požarne ugroženosti i mogućih posledica nastalih usled požara.

Karakteristike ugrađenih materijala i opreme, njihova osjetljivost na temperaturne promjene, zaštita i održavanje konstruktivnih i tehničkih sistema, nezaobilazan su faktor u procesu projektovanja, izgradnje i korištenja objekata.

Simulacija određenih uslova prilikom ispitivanja osjetljivosti materijla na temperaturne promjene u znatnoj mjeri može doprinijeti iznalaženju adekvatnih tehničkih rješenja koja mogu povećati otpornost određenih materijla, pa tako i armaturnog čelika u uslovima požarne ugroženosti.

Kao jedan od osnovnih materijla u gradnji objekata je i armaturni čelik, te je stoga u ovom radu posebna pažnja posvećena ponašanju armaturnog čelika u uslovima koji se mogu javiti usled požara, a sprovedeno istraživanje prikazuje podatke o elongaciji armaturnog čelika u temperaturnim uslovima koji se mogu javiti usled požarnog opterećenja na konstruktivnim elementima zgrada.

Ispitivanje građevinskih materijla i primjena podataka dobijenih ispitivanjem u simuliranim uslovima, kao i primjena novih tehnoloških dostignuća do moguće primjene vještačke inteligencije, mogu predstavljati bitne ulazne faktore u procesu dizajniranja konstruktivnih elemenata u zgradama, i zgrada u cjelini.

Ovakvim pristupom i upotrebom inženjeringa bezbednosti od požara moguće je postići pozitivne efekte u ekonomičnosti sistema kontrole i praćenja, smanjenja obima i projektovanih veličina požara, do konačnog cilja, povećane bezbednosti imovine i života korisnika zgrada.

Ključne riječi: napredne tehnologije, požarna ugroženost, ispitivanje materijala, elongacija, vještačka inteligencija, ekonomičnost, armaturni čelik, osjetljivost, temperaturne promjene.

[1] Evropski unverzitet Brčko distrikt, Brcko distrikt , *zdravkovucicevic@gmail.com*
[2] Evropski unverzitet Brčko distrikt, Brčko distrikt, *dhinzenjering@hotmail.com*

ANALYSIS OF SENSITIVITY OF REINFORCING STEEL TO TEMPERATURE CHANGES UNDER FIRE DANGER CONDITIONS

Summary

With the modern way of life, economy and application of advanced technologies, the risks of fire on buildings and installations have increased significantly, which proportionally increases the risks to human life and damage to material goods, as well as the threat to the environment and the environment in which we live.

The application of structural measures, prevention, early detection and notification, taking into account the characteristics of the material as well as system solutions accompanied by innovative technological achievements can affect the improvement of the safety conditions of buildings in terms of fire risk and possible consequences caused by fire.

The characteristics of built-in materials and equipment, their sensitivity to temperature changes, protection and maintenance of constructive and technical systems, are an unavoidable factor in the process of designing, building and using buildings.

Simulation of certain conditions when testing the sensitivity of materials to temperature changes can significantly contribute to finding adequate technical solutions that can increase the resistance of certain materials, including reinforcing steel in conditions of fire hazard.

Reinforcing steel is one of the basic materials in the construction of buildings, and therefore in this work special attention is paid to the behavior of reinforcing steel in conditions that may occur due to fire, and the conducted research shows data on the elongation of reinforcing steel in temperature conditions that may occur due to fire load on structural elements of buildings.

Examination of building materials and application of data obtained by examination in simulated conditions, as well as the application of new technological achievements to the possible application of artificial intelligence, can represent important input factors in the process of designing structural elements in buildings, and buildings as a whole

With this approach and the use of fire safety engineering, it is possible to achieve positive effects in the economy of control and monitoring systems, reducing the scope and projected sizes of fires, to the final goal, increased safety of property and the lives of building users.

Keywords: advanced technologies, fire risk, material testing, elongation, artificial intelligence, economy, reinforcing steel, sensitivity, temperature changes

Uvod

Moderno doba neminovno je sa sobom pnijelo i moderan način života, veći nivo komoditeta koji proističe iz socijalnih potreba novog doba, napredna tehnologija uređaji i oprema koji se ugrađuju u današnje objekte, povećali su i nivo rizika od nastanka požara u zgradam i na instalacijama.

Iako je hazarde poput požara nemoguće u potpunosti sprečiti, cilj naučnih istraživanja je, kao i struke u privredi, da prvenstveno umanje mogućnost nastajanja požara, a ukoliko do požara ipak dođe, da se njegove posledice ograniče, odnosno da se spreči gubitak ljudskih života, a oštećenje objekata i imovine svede na minimalnu moguću meru. Bezbednost zgrada od požara zavisi od mnogo faktora i zahteva holistički pristup i istovremenu implementaciju prevencije i konstrukcionih mera, uzimajući u obzir performanse materijala i sistemska rešenja za zgradu i njen omotač. U tom smislu, potrebno je da građevinski materijali i proizvodi budu izabrani, ugrađeni i održavani odgovorno i u skladu sa zakonskom regulativom.[3][1]

Primjena konstrukcionih mjera, prevencija, rano uočevanje požara i pravovremeno javljanje, uzimajući u obzir karakteristike materijla kao i sistemska rešenja praćena inovativnim tehnološkim dostignućima mogu uticati na poboljšanje uslova bezbednosti zgrada u smislu požarne ugroženosti i mogućih posledica koje mogu nastati usled požara. Karakteristike ugrađenih materijala i opreme, njihova osjetljivost na temperaturne promjene, zaštita i održavanje konstruktivnih i tehničkih sistema, nezaobilazan su faktor u procesu projektovanja, izgradnje i korištenja objekata. Značajan doprinos u iznalaženju adekvatnih tehničkih i inženjerskih rješenja kojima se mogu povećati otpornosti ugrađenih materijla, a pogotovo osnovnih konstrukcionih materijla (beton, čelik, armaturni čelik i sl.), u uslovima požarne ugroženosti je i simulacija određenih uslova prilikom ispitivanja osjetljivosti materijla na temperaturne promjene .

Ispitivanje građevinskih materijla i primjena podataka dobijenih ispitivanjem u simuliranim uslovima, kao i primjena novih tehnoloških dostignuća do moguće primjene vještačke inteligencije u sistemu inženjeringa bezbednosti od požara, mogu predstavljati bitne ulazne faktore u procesu dizajniranja konstruktivnih elemenata u zgradama, i zgrada u cjelini. Integrisanim pristupom prevenciji, konstrukcionim mjerama i sistemima ranog dojavljivanja, te upotrebom inženjeringa bezbednosti od požara moguće je postići pozitivne efekte u ekonomičnosti sistema kontrole i praćenja, smanjenja obima i projektovanih veličina požara, do konačnog cilja, povećane bezbednosti imovine i života korisnika zgrada.

Kao jedan od osnovnih materijla u gradnji objekata je i armaturni čelik, kao samostalan materijal i u kombinaciji sa betonom, te je stoga posebna pažnja posvećena ponašanju armaturnog čelika i betona u uslovima koji se mogu javiti usled požara, a sprovedeno istraživanje prikazuje podatke o elongaciji-izduženju armaturnog čelika u temperaturnim uslovima koji se mogu javiti usled požarnog opterećenja na konstruktivnim elementima zgrada.

Zaštita imovine postiže se zaštitom građevinske konstrukcije, elemenata i sadržaja zgrade, ali i zaštitom od požara sa susjednih objekata. Pod zaštitom imovine podrazumijeva se i zaštita nematerijalnih vrijednosti kao što je prekid poslovanja ili nenadoknadivi gubitak kulturnog naslijeđa. U postizanju cilju zaštite životne sredine primarna briga su emisije gasnih polutanata u dimu i tečnih polutanata koji nastaju korištenjem sredstava za gašenje požara, jer mogu imati značajan uticaj na okolinu. Efikasan način za ograničavanje ovih uticaja jeste gašenje požara u početnoj fazi, što je u zgradama najlakše postići ugradnjom stacionarnih instalacija za gašenje požara. Složenost interakcije između ljudi, zgrada i požara je takva da se ne može primijeniti niti jedan jedinstveni pristup ili metoda proračuna na sve vrste zgrada u različitim okolnostima.

---

[3] Mirjana Laban, Igor Džolev, Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin, *Bezbednost zgrada od požara, pristup i praksa zapadnog Balkana*, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novm Sadu, 2020, str.VI

Stoga inženjerstvo zaštite od požara zahtijeva od projektanta veći stepen angažovanja, odgovornosti i iskustva od puke primjene propisanih kodova.[4][2]

Teško je dati preciznu definiciju "inženjerstva bezbednosti od požara". Prihvatljiva bi bila slijedeća: primjena naučnih dostignuća i inženjerskih principa na efekte požara u cilju smanjenja stradanja ljudi i štete na imovini, kroz kvantifikaciju rizika i omogućavanje optimalnih rješenja sprovođenjem preventivnih mjera i mjera zaštite.[5][3]

Sa tačke gledišta oštećenja imovine i lične povrede, protivpožarni sistem je jedan od najvažnijih sistema u inteligentnim zgradama. Uprkos modernim metodama gašenja i novim tehnologijama požari još uvijek predstavljaju veliku opasnost kako za stanovništvo tako i za imovinu. Inteligentna zgrada više nije pojam daleke budućnosti, već sadašnjosti. Cilj iteligentne zgrade jeste povećanje sigurnosti, udobnosti i ekonomičnosti . Takozvane inteligentne zgrade odnosno objekti u kojima postoje inteligentne računarske mreže koje povezuju, kontrolišu i upravljaju tehničkim uređajima, poput osvjetljenja, klimatizacije, grijanja, sigurnosnih sistema (protivprovalni, protivpožarni, sistemi protiv poplava), daljinskog video nadzora itd., postaju sve popularnije širom svijeta. [6][4]

Veštačka inteligencija *(Artificial Intelligenc*e) se u nauci koristi kao disciplina koja je usredsređena na dizajniranje inteligentnih kompjuterskih sistema, odnosno sistema sa karakteristikama koje asociraju na ljudsko ponašanje. Trenutak u kome živimo nesumnjivo je vrijeme u kome računari igraju veoma značajnu ulogu, od pristupa informacijama preko komunikacije i edukacije pa do same naše bezbednosti i sigurnosti gdje je i zaštita od požara veoma bitan faktor.

Jednu od prvih definicija vještačke inteligencije (*Artificial Intelligence* – AI) daje John McCarthy ili otac vještačke inteligencije, a definiše je kao jedinstvo nauke i inženjeringa pri izradi inteligentnih mašina odnosno posebno kreiranih inteligentnih računarskih programa. Osim McCarthy-a, treba spomenuti Alana Turing.[7]

Savremene definicije uglavnom predstavljaju vještačku inteligenciju kao simulaciju procesa ljudske inteligencije odgovarajućim algoritmom, kodom ili tehnikom uz pomoć mašina ili računarskih sistema.[8][5]

Osjetljivost građevinskih materijal i konstrukcija na visoke temperature

Ponašanje konstruktivnog elementa izloženog požaru je jednim delom zavisno i od toplotnih i mehaničkih karakteristika materijala od kojeg je napravljen. Iako se tehnike proračuna koje

---

[4] Edisa Nukić, Jelena Marković Rudarsko geološko građevinski fakultet, Univerzitet u Tuzli, *Bezbednost zgrada od požara, Pristup i praksa zapadnog Balkana, Inženjerstvo bezbednosti od požara*, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2020, str.2

[5] A. Purkiss, "*Fire Safety Engineering Design of Structures*", 2nd ed., Elsevier Ltd., 2007.

[6] Mirjana Maksimović, Vladimir Vujović , *Uloga Internet baziranih bežičnih senzorskih mreža u zaštiti od požara*, Elektrotehnički fakultet, INFOTEH-JAHORINA Vol. 12, March 2013.,str.629

[7] Tjuring je bio engleski matematičar, informatičar, kriptoanalitičar, logičar i teorijski biolog koji je bio uticajan u razvoju teorijske računarske nauke. Tjuringova mašina dala je koncepte algoritma i računanja koji su doveli do računara opšte namene. Smatra se osnivačem veštačke inteligencije, iako njegova dostignuća nikada nisu u potpunosti priznata u to vrijeme zbog tajnosti njegovog rada po Zakonu o službenim tajnama i preovlađujuće homofobije koja je na kraju dovela do njegovog krivičnog gonjenja i samoubistva 1954.godine. Iako za vrijeme njegovog života nije bio poznat, danas se dodjeljuje Tjuringova nagrada kao najveće priznanje u računarstvu.

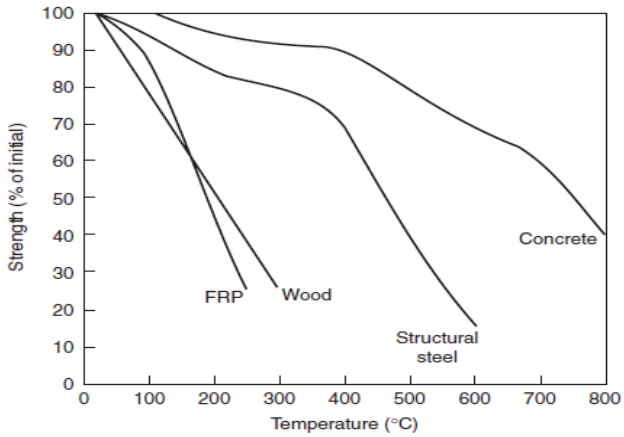
[8] D. Prlja, G. Gasmi, V. Korać (2022): *Ljudska prava i veštačka inteligencija*, Institut za uporedno pravo Beograd, str. 30.

se koriste za predviđanje oštećenja elemenata konstrukcije tokom požara brzo razvijaju, istraživanja koja se odnose na prikupljanje ulaznih informacija ne drže korak sa njima.[9]

Većina građevinskih materijala nije stabilna u temperaturnom intervalu 20°C do 800°C, i prikupljanje informacija o njihovim karakteristikama kroz ovaj interval nije jednostavno.

Osnovne mehaničke karakteristike koje određuju ponašanje konstruktivnih elemenata u požaru su čvrstoća, modul elastičnosti i tečenje komponentnih materijala pri povišenoj temperaturi. Termofizičke i mehaničke karakteristike većine materijala menjaju se značajno u ovom intervalu temperature koji je povezan sa požarom u konstrukciji. Na primer, beton na 500°C je kompletno različit od betona na sobnoj temperaturi , čelik je veoma osetljiv na toplotu i gubi polovinu svoje čvrstoće na 500°C

Slika broj 1. Promena čvrstoće sa temperaturom za različite materijale [10]

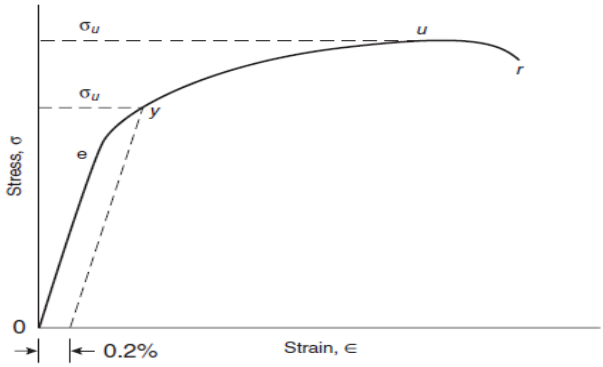


Slika broj 2. Kriva napon-deformacija za metale[11]

[9] Group of authors, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed., Massachusetts and Maryland, 2002.

[10] Group of authors, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed., Massachusetts and Maryland, 2002.

[11] Group of authors, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed., Massachusetts and Maryland, 2002.



Generalno, građevinski materijali mogu biti gorivi (zapaljivi) i negorivi (nezapaljivi). Negorivi materijal će se oštetiti pri višoj temperaturi vatre ali se neće zapaliti. Gorivi materijal se neće samo oštetiti pri višim temperaturama, već će se zapaliti i goreti, i na taj način dodavati gorivo tokom požara.[12][6]

Ispitivanje osjetljivosti - otpornosti građevinskih materijala na požar određuje njihovu sposobnost da izdrže i obezbijede zaštitu tokom požara. Ispitivanje materijala u simuliranim uslovima, kao i numeričko modeliranje ponašanja građevinskih konstrukcija uslijed djelovanja požara je trenutno jedno od najaktuelnijih područja istraživanja.

Beton

Betonske konstrukcije imaju reputaciju dobrog ponašanja u požaru. Kao što je poznato, beton je negoriv, ima nisku toplotnu provodljivost i malu brzinu povećanja temperature kroz poprečni presek. Cementna pasta u betonu je podvrgnuta endotermnoj reakciji kada se zagreje što pomaže u smanjenju porasta temperature u betonu izloženom požaru.[13][7]

Pri uobičajenim temperaturama na betonu se prije loma pojavljuju vidljivi znaci, a sam lom nastupa polako, ali kod povišenih temperatura, u konstrukcijama i njenim delovima lom nastupa iznenada sa nekolicinom upoyoravajućih znakova.

Korišćenje betona u zgradama i konstrukcijama nudi izvanredne nivoe zaštite i sigurnosti u požaru.[14][8]

Osnovni mehanički parametri betona, kao što su: čvrstoća na pritisak, klasa betona, vrsta agregata u betonu, vodocementni faktor, čvrstoća na zatezanje, deformacije, modul elastičnosti i drugi parametri.

Svi navedeni parametri pri povišenim temperaturama manje ili više budu narušeni u odnosu na stanje betona i navedenih parametara pri normalnim tzv. sobnim temperaturama .

Tabela broj 1. Ponašanje betona u požaru [15]

---

[12] M. J. Hurley, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., Springer, 2016.

[13] A.H. Buchanan, A.K. Abu, Structural Design for Fire Safety, 2nd ed., Wiley, New Zealand, 2017.

[14] Comprehensive Fire Protection and Safety with Concrete, 1st ed., The Irish Concrete Federation, Ireland, 2007.

[15] Comprehensive Fire Protection and Safety with Concrete, 1st ed., The Irish Concrete Federation, Ireland, 2007.

Temperatura (°C)	Opis ponašanja
1000 **90**	Temperatura vazduha u požaru retko prelazi ovu vrednost ali temperatura plamena može porasti do 1200°C i iza.
800 **700** **600**	Iznad ove temperature beton nije u punom funkcionalnom kapacitetu.
550-600	Materijali na bazi cementa doživljavaju značajno oštećenjn gube njihov nosivi kapacitet.
400 **300**	Počinje gubljenje čvrstoće, ali u realnosti samo nekoliko centimetara betona koji su izloženi plamenu će imati

Osnovni mehanički parametri betona, kao što su: čvrstoća na pritisak, klasa betona, vrsta agregata u betonu, vodocementni faktor, čvrstoća na zatezanje, deformacije, modul elastičnosti i drugi parametri. Svi navedeni parametri pri povišenim temperaturama manje ili više budu narušeni u odnosu na stanje betona i navedenih parametara pri normalnim tzv. sobnim temperaturama .

Pored mehaničkih veoma su bitni i termički parametri betona kao što su : toplotna provodljivost betona ili koeficijent toplotne provodljivosti, specifični toplotni kapacitet, gustina i drugi parametri, a svi oni su zavisni od sastava mješavine za beton.

Čelik

Čelik je materijal koji je dostupan u različitim vrstama proizvoda: konstruktivni (vruće valjani), za armiranje, prednaprezanje ili hladno oblikovan [16]. [9]

Armaturni čelik, kao i konstrukcije izrađene od čelika nisu gorive, ali njihova izloženost požaru dovodi do rasta temperature čelika, a čvrstoća i krutost opadaju, što svakako dovodi do deformacija , a pri dužoj izloženosti i do loma u zavisnosti od statičkog sistema i opterećenja. Čelik veoma brzo provodi temperaturu, a kritična temperaturna tačka nastupa kada čelik više nemože primati opterećenja, a da konstrukcija ostane sigurna.

Mehaničkim karakteristikama čelika :

- Čvrstoća na zatezanje
- deformacije
- modul elastičnosti

Termički parametri čelika :

- Toplotna provodljivost
- specifični toplotni fluks
- termička ekspanzija
- deformacija tečenja
- kritična temperatura

[16] C. A. Harper, Handbook of Building Materials for Fire Protection, 1st ed., McGraw- Hill, 2004.

Tabela broj 2. Kritična temperatura za različite vrste čelika[17]

Vrsta čelika	Standard/Referenca	Temperatura(°C)
Konstruktivni čelik	ASTM	538
Armaturni čelik	ASTM	593
Čelik za prednaprezanje	ASTM	426
Tanki profilni čelik	EC 3	350

Mehaničke karakteristike kao što su čvrstoća i modul elastičnosti posebno se pogoršavaju kada temperatura čelika pređe 400°C (Evrokod 3, EN 1993-1-2). Neki građevinski propisi i standardi definišu različite kritične temperature koje se ne smeju prekoračiti kada je konstrukcija izložena standardnom požaru određeno vreme. Čelična konstrukcija zato obično mora biti zaštićena da bi se postigla određena klasa otpornosti u požaru .[18][10]

Zbog važnosti čelika kao građevinskog materijal i njegove primjene u građevinskim konstrukcijama prilikom izgradnje objekata, a sobzirom na izloženost riziku od požara na objektima i pri tome pojavi visokih temperatura posebna pažnja ovog rada posvećena je mehaničkim i termičkim parametrima čelika.

U vezi sa navedenim sprovedeno je istraživanje koje je obuhvatilo ispitivanje rebrastog čelika na tri različite temperature na nekoliko uzoraka, kako bi se došlo do egzaktnih podataka o promjenama koje se dešavaju na rebrastom armaturnom čeliku. Prilikom istraživanja upoređivani su parametri kao što su : napon tečenja, zatezna čvrstoća, kao i elongacija-izduženje.Istraživanje je zasnivao se na praktičnom ispitivanju rebrastog armaturnog čelika prečnika Φ10 u tri tranše po tri uzorka na temperaturama od 100, 400 i 800 ºC. Ispitivanje je izvršeno u laboratoriji instituta "Kemal Kapetanović" Zenica, sa ispitnim uređajem – univerzalna hidraulička mašina za statička ispitivanja.

Testiranje je vršeno po metodi uspostavljanja ekstenzometarske dužine 2a BAS EN ISO 6892-1:2017 B, BAS EN ISO 15630-1:2019. Ispitivanje je vršeno u spoljašnjim uslovima gdje je izmjerena sobna temperatura od + 23 ºC.

Cilj istraživanja

Cilj sprovedenog istraživanaj je bio određivanje elongacije-izduživanja kao jedne od bitnih mehaničkih karakteristika armaturnog čelika, pri povišenim temperatura, simulirajući uslove koji mogu nastati usled požara. Armaturni čelik je podvrgnut različitim temperaturama, prije svega sobne temperature, gdje je standardno da se epruvete prije ispitivanja zagriju na temperature od 100 ºC u vremenu od 1 sata, a zatim se hlade na zraku gdje je prisutna sobna temperatura . Ostali uzorci su ispitani zagrijevanjem na temperaturama od 400 i 800 ºC.

[17] Group of authors, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd ed.,Massachusetts and Maryland, 2002.

[18] U. Wickström, Temperature Calculation in Fire Safety Engineering, 1st ed., Springer,2016.

Rezultati istraživanja

Ispitivanjem temperature. Ali fokus ispitivanja nije bio na odnosu naprezanja i deformacije, granici tečenja, te zateznoj čvrtoći, nego na elongaciji uzoraka.

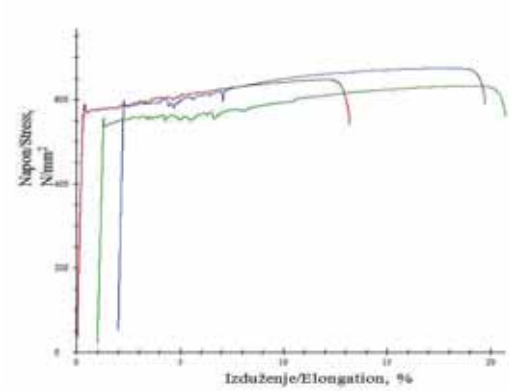
Veza između naponai izduženja može se vidjeti na slici broj 3. Epruvete su se prije ispitivanja zatezanjem zagrijavale na temperaturi 100°C u vremenu od 1 sata, a zatim ohladile na sobnoj temperaturi, nakon čega je vršeno zagrijevanje na temperaturama od 400 i 800 ºC, prilikom čega je vršeno mjerenje elongacije rebrastog čelika na sve tri temparature. U tabeli broj 3. i tabeli broj 4. prikazani su rezultati koji su dobijeni ispitivanjem uzoraka.

Tabela broj 3. Ispitivanje zatezanjem na sobnoj temperaturi [19]

Red broj	Oznaka uzorka	Podaci o epruveti		Napon tečenja R_{eH} (MPa)	Zatezna čvrstoća R_m (MPa)	Izduženje A_5 (%)	Procentualno ukupno izduženje kod max. sile Agt (%)
		Promjer (mm)	Površina (mm^2)				
1.	Šipka Rϕ10 mm	10,0	78,5	589	648	19,5	10,0
2.		10,0	78,5	557	633	16,0	4,5
3.		10,0	78,5	598	675	19,0	6,5

Analizom rezultata ispitivanja primijetno je da su omjeri istezanja neznatno povećani do 400°C, međutim, iznad ove temperature materijal postaje lomljiv sa smanjenjem vrijednosti istezanja. Rezultati takođe pokazuju da se sa povećanjem temperature povećava procenat ukupne elongacije, te se time i zatezna čvrstoća smanjuje. Na osnovu analze rezultata ispitivanja, može se konstatovati da je armaturna čelična šipka S420 Φ 10 pokazala je krhki mehanizam loma pri povišenim temperaturama iznad 400°C.

Slika broj 3. Odnos napona i izduženja



[19] Zdravko Vučićević, Dino Hodžić, ispitivanje u simuliranim uslovima, laboratoriji instituta "Kemal Kapetanović" Zenica,2022

Tabela broj 4. Ispitivanje zatezanjem na povišenoj temperaturi[20]

Redni broj	Oznaka uzorka	Podaci o epruveti		Temperatura ispitivanja ^0C	Maksimalna sila (kN)	Zatezna čvrstoća R_m (MPa)	Izduženje Elongacija A_5 (%)	Procentualno ukupno izduženje kod max. sile Agt (%)
		Promjer (mm)	Površina (mm^2)					
1.	Šipka Rϕ10 mm	10,0	78,5	+400	10,0	127	44,5	2,0
2.		10,0	78,5		7,90	101	41,0	7,5
3.		10,0	78,5		6,17	79	29,5	4,0
4.		10,0	78,5	+800	6,35	81	32,5	9,0
5.		10,0	78,5		7,31	93	28,5	7,0
6.		10,0	78,5		6,90	88	30,5	8,5

Takav odnos na krajnjem mehaničkom naprezanju primijetan je na povišenoj temperaturi i nakon hlađenja, što je bitno za pouzdanu procjenu performansi elemenata konstrukcije u požaru.

Sprovedeno ispitivanje potvrdilo je teze da se su temperature preko 400°C veoma rizične za čelične konstrukcije i armaturu u armirano betonskim konstrukcijama sobzirom da armaturni čelik postaje lomljiv, procenat elongacije se povećava, a zatezna čvrstoća opada. Kada se ovome dodaju i činjenica da se i kod betona dešavaju drastične promjene i oštećenja na temperatureama preko 500°C, te da isti više nije u punom funkcionalnom kapacitetu, očigledno je da požari, gdje temperature plamena mogu dositić i do 1200°C mogu znatno oštetiti kostrukciju, a u ekstrmnijim slučajevima i pri dužem trajanju i do urušavanja.

Posebno je važna činjenica da značajne posledice na armaturi i betonu ostaju i nakon hlađenja materijala, što je neophodno uzeti u obzir prilikom saniranja objekata koji su bili zahvaćeni požarom i gdje su temperature u toku požara bile znatno povišene.

Na osnovu sprovedenog istraživanja, izvršenih analiza dobijenih rezultata i već poznatih parametara o ponašanju armiranobetonskih konstrukcija pri povišenim temperaturama, neophodno je posvetiti značajnu pažnju prilikom projektovanja konstrukcija, zaštiti konstrukcija od pregrijavanja usled nastalog požara ali i protivpožarnoj zaštiti u objektima uopšte kako bi se spriječile neželjene posledice.

Trendovi novih tehnologija i njihova praktična primjena

Postoje razni sistemi koji služe za nadzor, kontrolu i zaštitu u slučaju pojave požara. Detaljnije proučavanje ove problematike, razvoj tehnologije te uopšteno povećanje svijesti o ovom problemu, dovelo je do razvoja značajnog broja komercijalnih sistema koji se danas vrlo lako ugrađuju u gotovo svaki objekat. Stoga je za projektovanje jednog takvog sistema korisno proučiti šta je do sada napravljeno, kao i osnovne karakteristike datih sistema.[21][4]

[20] Zdravko Vučićević, Dino Hodžić, ispitivanje u simuliranim uslovima, laboratoriji instituta "Kemal Kapetanović" Zenica,2022

[21] Mirjana Maksimović, Vladimir Vujović , *Uloga Internet baziranih bežičnih senzorskih mreža u zaštiti od požara*, Elektrotehnički fakultet, INFOTEH-JAHORINA Vol. 12, March 2013.,str.630

Najčešči elementi zaštite od požara u svim zgradama su različiti detektori požara i alarmni sistemi koji mogu pomoći u sprečavanju ili umanjenjeu neželjenih posledica nastalih usled pojave požara. Na tržištu postoje razne vrste detektora, ali su najrasprostranjeniji detektori toplote i dima, kao idetektori ostalih požarnih fenomena .
U praktičnoj primjeni su ručni i automatski sistemi detekcije požara, gdje treba napomenuti da primjena ručnih detektora neizostavno zahtijeva prisustvo ljudskog faktora koji treba uočiti požar i procijeniti njegovu ozbiljnost, dok automatski sistemi reaguju na prisustvo toplote ili dima putem senzora i automatski uključuju sisteme za gašenje požara, dojavu nadležnoj vatrogasnoj službi ili upozorenje . Poželjno je da svi uređaji za detekciju budu uvezani u sistem koji može :
• ukazati na mjesto izbijanja požara ili lokaciju na kojoj se oglasio alarm,
• aktivirati kontrolu požara zatvaranjem vrata za izolaciju požarnog sektora, dimne zavjese ili automatski ventilacioni sistem,
• inicirati procedure za evakuaciju uz automatsko registrovanje pojave požara u lokalnoj vatrogasnoj jedinici.
Slika broj 4. prikazuje primjer jednog od sistema za detekciju požara i alarmni sistem kau i uređaj za automatsko gašenje pođara tipa Sprinkler.

Slika 4. Sistemi za detekciju požara , alarmni sistemi i uređaj za gašenje požara [22]

Bežične senzorske mreže (Wireless Sensor Networks- WSN) predstavljaju skup prostorno distribuisanih autonomnih senzorskih modula (čvorova) kojima se vrši detekcija i estimacija različitih parametara okoline . Prvobitno su bile zamišljene za korišćenje u vojne svrhe (za osmatranje terena), međutim one danas nalaze široku primjenu u industriji, osmatranju i zaštiti životne sredine, preciznoj poljoprivredi, i drugim oblastima. Osnovni elementi WSN-a su senzorski čvorovi (node).[23][11]

Rano otkrivanje požara u stambenim objektima važno je za brzo gašenje i smanjenje šteta i gubitaka života. Za otkrivanje požara potreban je jedan ili kombinacija senzora i algoritam

[22] (http://www.vindexsystems.com)
[23] M. Milanović, M. Stojilović, M. Oklobdžija, G. Dimić, *Adaptacija bežične senzorske mreže u cilju detekcije i dojave kritičnih situacija*, INFOTEH-JAHORINA Vol. 11, March 2012. pp. 341-345

detekcije. Senzori mogu biti dio bežične senzorske mreže (WSN) ili raditi nezavisno. Dosadašnja istraživanja u oblasti detekcije požara pomoću WSN-a su posvećivala malo ili nimalo pažnje istraživanju optimalnog skupa senzora, kao i korištenju mehanizama učenja i tehnika umjetne inteligencije (AI). Napravljene su neke pretpostavke o tome šta bi se moglo smatrati odgovarajućim senzorom ili je korištena proizvoljna AI tehnika. [24][12]

Sistem WSN nije potpuno samostalan , tako da je danas u primjeni sa drugim vrstama mreža (LAN, WAN) ili slično. Kako je Internet postao de-facto standard za WAN mreže, neophodno je povezati WSN sa Internetom i tako omogućiti da prikupljeni podaci budu vidljivi sa različitih mjesta. Inicijativa Internet of Things (IOT) je predvidjela da će bilioni senzora u opremljenim pametnim objektima povezati fizičko okruženje sa Internetom, stvarajući nove mogućnosti i izazove za razne domene aplikacija, kao što su pametna mjerenja, izgradnja i automatizacija zgrada.[4]

Napredak tehnologija i razvoj vještačke inteligencije svakako će kreirati i druge praktične sisteme, koji će pomoći u smnjenju negativnih posledica nastalih usled požara, ali i smanjiti osjetljivost ključnih materijla na temperaturne uticaje koji se javljaju usled požara.

Sistemi i metode zaštite konstruktivnih elemenata

Kako bi se smanjili ili spriječili negativni uticaji visokih temperatura na konstruktivne elemente i materijale ugrađene u iste, tepoboljšale karakteristike osjetljivosti u praksi se primjenjuju različite metode zaštite.

Čelični objekti sa primenjenom protivpožarnom zaštitom mogu biti projektovani tako da imaju odličnu požarnu otpornost. Nezaštićene čelične konstrukcije ponašaju se loše u požaru u poređenju sa npr. armiranim betonom ili teškom drvenom konstrukcijom jer su čelični elementi obično mnogo tanji i čelik ima višu toplotnu provodljivost nego većina drugih materijala. Nezaštićene čelične konstrukcije mogu da idrže izvesne požare ukoliko nisu veoma snažni i ukoliko se čelik ne zagreje previše. Postoje mnogi alternativni pasivni sistemi zaštite od požara koji smanjuju brzinu povećanja temperature u čeličnoj konstrukciji izloženoj požaru [7]:Betonsko kućište, pločasti sistemi, sistem nanet raspršivanjem, ekspandirajuća boja, zaštita drvetom, punjenje betonom i slični sistemi.

Jedan od čestih oblika protivpožarne izolacije primenjen na čeličnim elementima kako bi se postigla zahtevana požarna otpornost je protivpožarni materijal nanet raspršivanjem (SFRM), koji radi na principu odlaganja porasta temperature u čeliku. SFRM je uglavnom sastavljen od osnovnog materijala kao što je gips, cementna i mineralna vlakna i drugih aditiva kao što je vermikulit [6].

Izolacioni materijal je često korišćen kao protivpožarni materijal za konstruktivne elemente kao što su stubovi, grede, ploče i zidovi. Izolacija pomaže da se odloži povećanje temperature konstruktivnih elemenata na taj način povećavajući požarnu otpornost. Postoje brojni izolacioni materijali, ali mineralna vuna i staklena vlakna su dva najčešće korišćena izolaciona materijala u zidovima i pločama. Drugi izolacioni materijali koji se koriste za zaštitu od požara obuhvataju ekspandirajuće boje, mineralna vlakna koja se nanose prskanjem, izolacione ploče i kompresovane vlaknaste ploče. Termičke karakteristike izolacije igraju važnu ulogu u određivanju otpornosti na požar. Ne postoji mnogo informacija dostupnih o termičkim karakteristikama različitih vrsta izolacije. Razlike u toplotnoj provodljivosti na višim

[24] M. Bahrepour, N. Meratnia, P.J.M. Havinga, *Use of AI Techniques for Residential FireDetection in Wireless Sensor Networks*, Pervasive Systems Research Group, Twente University, the Netherlands, AIAI- 2009 Workshops Proceedings,str. 311-321

temperaturama su uglavnom usled razlike u hemijskom sastavu vlakna. Takođe, sadržaj vlage u izolacionom materijalu ima uticaj na termičke karakteristike. [6].

Zaključak

Svjesni činjenice da je u realnom životu nemoguće izbjeći eventualni nastanak požara, cilj naučnih istraživanja , ali i praktične primjene, treba biti umanjenje mogućnosti nastajanja požara, odnosno ograničavanje ili smanjenje posledica nastalih od požara.

Sa modernim načinom života, privređivanja i primjene naprednih tehnologija, znatno su se povećali i rizici od požara na objektima i instalacijama.

Primjena konstrukcionih mjera, prevencija, rano uočevanje i javljanje, uzimajući u obzir karakteristike materijla kao i sistemska rešenja praćena inovativnim tehnološkim dostignućima mogu uticati na poboljšanje uslova bezbednosti zgrada u smislu požarne ugroženosti i mogućih posledica nastalih usled požara.

Ispitivanje građevinskih materijla i primjena podataka dobijenih ispitivanjem u simuliranim uslovima, predstavljaju bitne ulazne faktore u procesu dizajniranja konstruktivnih elemenata u zgradama, i zgrada u cjelini.

Većina građevinskih materijala nije stabilna u temperaturnom intervalu 20°C do 800°C, a temperature koje se razvijaju u slučaju požara dostižu jako visoke vrijednosti u nosećim elementima, i imaju značajan uticaj na mehaničku otpornost cele konstrukcije.

Sprovedeno ispitivanje potvrdilo je teze da se su temperature preko 400°C veoma rizične za čelične konstrukcije i armaturu u armirano betonskim konstrukcijama sobzirom da armaturni čelik postaje lomljiv, procenat elongacije se povećava, a zatezna čvrstoća opada. Kada se ovome dodaju i činjenica da se i kod betona dešavaju drastične promjene i oštećenja na temperatureama preko 500°C, te da isti više nije u punom funkcionalnom kapacitetu, očigledno je da požari, gdje temperature plamena mogu dositić i do 1200°C mogu znatno oštetiti kostrukciju, a u ekstrmnijim slučajevima i pri dužem trajanju dovesti i do urušavanja.

Posebno je značajno zaključiti da značajne posledice na armaturi i betonu ostaju i nakon hlađenja materijala, što je neophodno uzeti u obzir prilikom saniranja objekata koji su bili zahvaćeni požarom, ali je takođe neophodno posvetiti značajnu pažnju prilikom projektovanja konstrukcija, zaštiti konstrukcija od pregrijavanja usled nastalog požara ali i protivpožarnoj zaštiti u objektima uopšte kako bi se spriječile neželjene posledice.

Moderni sistemi za upravljanje zgradama u slučaju vanrednih situacija su danas nezaobilazni kod gradnje stambenih, velikih javnih ili poslovnih zgrada, ili industrijskih objekata. Napredak tehnologija, novi izolaciuoni materijali i razvoj vještačke inteligencije svakako će kreirati i praktične sisteme, koji će pomoći u smnjenju negativnih posledica nastalih usled požara, ali i smanjiti osjetljivost ključnih materijla na temperaturne uticaje koji se javljaju usled požara.

Pred naučnom i stručnom javnošču su veliki izazovi kako bi se kreirao pouzdan, optimaln i kvalitetan sistema uparavljanja zgradama i spriječile negativne posledice nastale usled osjetljivosti materijla na visoke temperature usled požara, ali je svakako najbitniji faktor u ovoj oblasti dobro osmišljen i jasno preciziran projekat.

Literatura

[1] Mirjana Laban, Igor Džolev, Mirjana Malešev, Vlastimir Radonjanin, *Bezbednost zgrada od požara, pristup i praksa zapadnog Balkana*, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novm Sadu, 2020, str.VI

[2] Edisa Nukić, Jelena Marković Rudarsko geološko građevinski fakultet, Univerzitet u Tuzli, *Bezbednost zgrada od požara, Pristup i praksa zapadnog Balkana*, Inženjerstvo bezbednosti od požara, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2020, str.2

[3] A. Purkiss, "*Fire Safety Engineering Design of Structures*", 2nd ed., Elsevier Ltd., 2007.

[4] Mirjana Maksimović, Vladimir Vujović , *Uloga Internet baziranih bežičnih senzorskih mreža u zaštiti od požara*, Elektrotehnički fakultet, INFOTEH-JAHORINA Vol. 12, March 2013.,str.629

[5] D. Prlja, G. Gasmi, V. Korać (2022): *Ljudska prava i veštačka inteligencija*, Institut za uporedno pravo Beograd, str. 30.

[6] M. J. Hurley, *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 5th ed., Springer, 2016.

[7] A.H. Buchanan, A.K. Abu, Structural Design for Fire Safety, 2nd ed., Wiley, New Zealand, 2017.

[8] Comprehensive Fire Protection and Safety with Concrete, 1st ed., The Irish Concrete Federation, Ireland, 2007.

[9] C. A. Harper, *Handbook of Building Materials for Fire Protection*, 1st ed., McGraw- Hill, 2004.

[10] U. Wickström, *Temperature Calculation in Fire Safety Engineering*, 1st ed., Springer,2016.

[11] M. Milanović, M. Stojilović, M. Oklobdžija, G. Dimić, *Adaptacija bežične senzorske mreže u cilju detekcije i dojave kritičnih situacija*, INFOTEH-JAHORINA Vol. 11, March 2012. pp. 341-345

[12] M. Bahrepour, N. Meratnia, P.J.M. Havinga, *Use of AI Techniques for Residential FireDetection in Wireless Sensor Networks*, Pervasive Systems Research Group, Twente University, the Netherlands, AIAI- 2009 Workshops Proceedings,str. 311-321

Internet izvori :

- http://www.vindexsystems.com
- https://www.houseidea.pw

Popis tabela :

Tabela broj 1. Ponašanje betona u požaru

Tabela broj 2. Kritična temperatura za različite vrste čelika

Tabela broj 3. Ispitivanje zatezanjem na sobnoj temperaturi

Tabela broj 4. Ispitivanje zatezanjem na povišenoj temperaturi

Popis slika :

Slika broj 1. Promena čvrstoće sa temperaturom za različite materijale

Slika broj 2. Kriva napon-deformacija za metale

Slika broj 3. Odnos napona i izduženja

Slika 4. Sistemi za detekciju požara , alarmni sistemi i uređaj za gašenje požara

Докторант Александар Ивковић[1]
Докторант Борис Рибарић[2]
Msc Димитрије Ивковић[3]

Стручни рад
УДК 629.7.014.9:623.743

УПОТРЕБА МРЕЖЕ МОБИЛНЕ ТЕЛЕФОНИЈЕ ЗА ЗЕМАЉСКУ НАВИГАЦИЈУ БЕСПИЛОТНИХ И ДАЉИНСКИ ПИЛОТИРАНИХ ЛЕТЕЛИЦА

Сажетак
Циљ овог истрживања је да се истраже могућности коришћења постојеће мреже мобилне телефоније за сврху којој није намењена, за координисање и навигацију дронова. Прорачуни представљени у овом раду доказују да је ова идеја могућа и дају чврсту основу за даља истраживања и експлоатацију. Више је него очигледно да овакво решење не би било захтевно гледано са стране инвестирања и опреме, али да бисмо стигли до имплентације потребно је обликовати нови сет норми и правила, пре правних него техничих. Већ се могу видети кораци у правом смеру, FAA (federal aviation authority USA) је дозволила коришћење дронова у ваздушном простору, са ограничењем висине на 25m, које је на руку коришћењу технологије предложене у овом истраживању. Проблем је што је ово у регионалним и пан-европским законима сива зона. У овом раду налази се мало историје навигације летења и, надамо се, поглед у будућност аутоматизване навигације дронова. Токоће читалац ће наћи преглед тренутног стања мобилне телефоније, изузев 5G, као и могућности мреже да се примени у предложене сврхе. Могућности примене проверене су под тренутним регулативама EASA (European Aviation Safety Agency) и FAA.

Кључне речи: дрон, FAA, EASA, mobile network, 2G, 3G, 4G, покривање

Abstract:
Aim of this research was to explore the possibility of using existing mobile network for purpose it was not originally designed, to coordinate and navigate drones. Calculations presented in this paper show that idea has solid base for future exploration and exploitation. It is more than obvious that this is not demanding from the side of investment or equipment, but to implement it we'd need to shape an all new set of rules and normative acts, some more of the legal than technical matter. Already we can see that FAA (federal aviation authority USA) is onboard with integration of drones in airspace, although with restriction of altitude on 25m, which is actually going on hand with use of the equipment in a way that we propose. Problem is that according to regional and pan European rules this is still an gray zone. In this paper you will find a bit of history of air navigation and, we hope, a glance at future of automated drone navigation network. Also reader will find a short presentation of current state of mobile networks, apart from 5G, and their capability to comply and be used for this new purpose. Its cross checked for use in present regulation environment under EASA (European Aviation Safety Agency) and under FAA. Current state of mobile network in Serbia is used for illustration because authors are coming from there, but preliminary research is showing that most of the Europe and Europe coast line has more than sufficient coverage for this purpose.

Key words: drone, FAA, EASA, mobile network, 2G, 3G, 4G, coverage

[1] Криминалистичко-полицијски универзитет
[2] “AperioN” Pan-European University
[3] Електротехнички факултет, Универзитет у Београду

Последњих година када говоримо о возилима и летелицама без посаде или са посадом која је на удаљеној локацији готово искључиво говоримо о војној примени, овде је фокус на цивилној употреби, превозу робе и вероватно у каснијој фази путника. Америчка ваздухопловна власт је, уз ограде, од прошле године дозволила дроновима за доставу да лете у насељеним областима. Ограничења иду на руку идеји која је изнесена у овом раду, пошто је висина рада дронова ограничена на 25 метара изнад терена. Колико је ова област интересантна најбоље говори чињеница да је у првој години рада исказан профит и неки већ храбро најављују нестанак класичне доставе. Ова ограда за каснију фазу није случајна, предлог који је овде изнесен замишљен је као прелазно решење, прелазно решење које може да се поуздано експлоатише годинама. Не захтева специјалну опрему, није скупо за имплементацију (тако да и цивили могу да га приуште). Зашто смо се оградили од превоза путника, бар на почетку, реалност је да нам возови још увек имају машиновође, није реално избацити особу одговорну за летелицу из вида транспорта који још није у цивилству прошао ни тест хоби зоне.

Навигациона средства базирана на земљи су одавно позната. Први комерцијални ноћни лет икада био је између београдског аеродрома (данашње Панчево) и Букурешта. За то је било потребно осмислити неколико ствари, навигациона светла на авиону, електрично осветљење у авиону, осветљење инструмената, фарове, како на земљи тако и на ваздухоплову... Можемо рећи да смо одрасли и образовани у окружењу у ком постоји свест колико комплексан може бити прогрес. Употреба касније развијених земаљских навигационих уређаја базираних на радио таласима довела је до наглог развоја авијације када говоримо о летовима преко континената и безбеднијих прекоокеанских летова.

Почетком прошлог века, 17.12.1903. у северној Каролини браћа Рајт (Орвил) је обавио први лет авионом (авион је у ваздуху провео 12 секунди и прелетео је 37 метара).

Након првог лета авиона са развојем саобраћаја појавила се потреба за вођењем ваздухоплова по унапред испланираним рутама. То је олакшавало пилотима да у току лета провере своју позицију, а нарочито у лошим метео условима. Прво увођење земаљских навигациони средстава – система светлосних радио фарова, као и поља за слетање у случају опасности на рути (Emergency Fields) је употребљено у Сједињеним Америчким Државама. Да би се омогућило да пилот лети по земаљском систему светлосних фарова, они су постављани на веома кратким удаљеностима да би се омогућило летење и у лошим метео условима. Летело се од једног до другог фара у зависности од времена и висине лета. Они су покривали 2000 наутичких миља (NM) путева који су били обележени светлосним фаровима до 1926. године. Са експанзијом коришћења авиона покривеност светлосним фаровима 1929. годиине је била близу 10 000 наутичких миља.

Са брзим развојем ваздушног саобраћаја појавила се потреба за центрима контроле летења који су имали обавезу да мониторишу и прате летове давајући им битне информације о времену, а касније и информације о другом авио саобраћају у њиховој непосредној близини.

Са повећањем покривености светлосним фаровима ваздушних путева који су 1939. године били приближно 27.074 наутичке миље које су користиле у почетку 3 ваздухопловне компаније у Сједињеним Америчким Државама, појавила се потреба за отварања нових центара контроле летења на ваздушним путевима.

Први ноћни лет у историји светског комерцијалног ваздухопловства је обављен на линији Београд – Букурешт. Ноћним летом из Београда (аеродром Панчево) 9 септембра 1923. отворено је ново поглавље светске авијације. За овај лет морали су по први пут на ваздухоплов да се поставе навигацијска светла, први пут смо добили електрично осветљење путничке кабине, мрежу земаљских фарова и обележавање писте за ноћно

летење. На рути од Панчева до Букурешта постављена је мрежа фарова на сваких 20 km, рута је покривена са 24 фара, 2 на територији тадашње Краљевине и 22 на Румунској страни. Ово је био не само први комерцијални ноћни лет, већ и први комерцијални међународни лет. Аеродроми су били опремљени са фаровима и рефлекторима који су осветљавали правац слетања.

У Краљевини Југослоавији први центар у ваздухопловству за контролу ваздушног саобраћаја је основан 1931. године. Надзор саобраћаја – контролу обављао је гониометриста који је користио гониометар на радној фреквенцији од 333 KHz. У то време гониометар који је био лоциран на аеродрому у Земуну био је први на Балкану за летове према Бечу, Будимпешти, Букурешту и Скопљу.

Са развојем технике светлосне фарове на земљи полако су почели да замењују уређаји који су давали сигнале са земље ваздухопловима у ваздуху. Њиховим развојем почело је коришћење првих земаљских радио – навигационих средстава. Они су се сатојали од уређаја на земљи и од уређаја на ваздухоплову коју су детектовали те сигнале. Њиховим развојем је омогућено летење у сложеним метео условима ноћу, као и летовима на великим висинама и преко великих водених површина (мора).

Први неусмерени радио фар који је заменио светлосне фарове на земљи се назива NDB (Non Directional Beacon). Преко њега се одређивао странски угао у односу на радио фар NDB, као и RB (Relative Bearing) релативни смер који је представљао угао између уздужне осе ваздухоплова и правца NDB (долазећег радио таласа). У ваздухоплову је развијен уређај који је примао радио таласе од NDB – назван је радио компас ADF (Automatic Direction Finder).

Развојем ваздухопловства наметнула се и потреба за поузданијим радио навигационим уређајем. Радио – навигационо средство које се користи назива се VOR (Very High Frequency Omni Directional Range Station) – врло високо свесмерни радио фар. Он ради на фреквентном подручју од 112-118 MHz, и таласи се простиру праволинијски. Смерови таласа од VOR станице се називају радијали и има их укупно 360 (0-360^0).

Уређај који омогућава мерење косе удаљености ваздухоплова у односу на радионавигациони уређај на земљи назива се DME (Distance Measuring Equipment). Он се састоји од уређаја на земљи који се назива транспондер и уређаја у ваздухоплову који се назива интерогатор. Интерогатор шаље сигнале ка уређају на земљи, транспондер се побуђује и враћа сигнал ка ваздухоплову – интерогатору. Како је брзина простирања електромагнетног сигнала једнака брзини светлости можемо израчунати: косу удаљеност у наутичким миљама, брзину вавздухопловса у односу на земљу GS (Ground Speed), као и време које потребно да долетимо до DME станице на земљи. Обично се користи зајдно са VOR-ом. Уређај DME ради на UHF фреквенцији од око 1000 MHz, колоциран са VOR-ом и даје удаљеност од VOR станице.

ILS (Instrument Landing System) је систем који служи за слетатење у сложеним метео условима. Он омогућава пружање информације о положају у хоризонталној и вертикалној равни. Хоризонтална раван (по правцу) у односу на полетно-слетну стазу у односу на коју се слеће. Вођење ваздухоплова у вертикалној равни (по висини) омогућава пилоту да изврши прилаз и снижавање ваздухоплова по планираном углу. Он га води у понирање до висине одлуке.

Уређај се састоји од уређаја на земљи и уређаја у авиону. Уређаји на земљи из система ILS-а су: антена локалајзера (LOC), антена GS (Glide Slope), као и маркери (OM-Outer Marker, MM- Middle Marker, IM- Inner Marker).

Уређај на ваздухоплову се састоји од: пријемника локалајзера, пријемника угла понирања GS, пријемника маркера, као и одговрајућих показивача.

Локалајзер антена се налази на 300 метара од супротног прага полетно-слетне стазе, а GS антена се налази на 300 метара од прага полетно-слетне стазе у правцу слетања са десне стране.

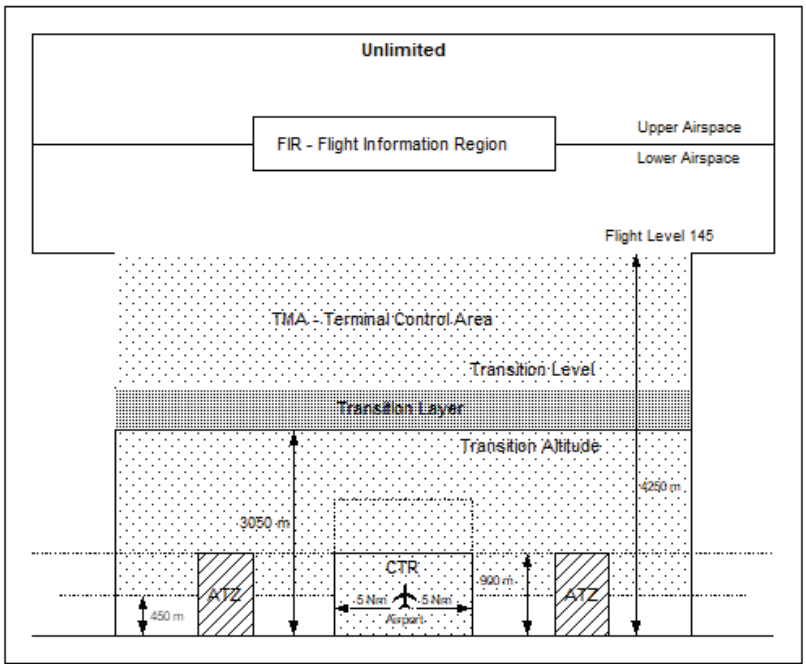
ОМ се налази на 8 километара од прага полетно-слетне стазе, ММ се налази на 1500 метара од прага полетно-слетне стазе, а ІМ се налази на 300 метара од прага полетно-слетне стазе.

Стандардни GS је од 2.5-3^0.

Уређај у авиону који даје пилоту информације о прилазу, о правцу и висини је CDI (Course Deviation Indicator). CDI се састоји од вертикалне и хоризонталне игле. Вертикална игла показује одступање од локалајзера, а хоризонтална игла показује одступање од угла понирања. Корекцијама у односу на позицију хоризонталне и вертикалне игле пилот лети по предвиђеном прилазу за ILS.

MLS (Micro Wave Landing System) микроталасни систем за слетање, у односу на ILS представља прецизнији систем са већом тачношћу и флексибилношћу у прилазу.

MLS садржи: прилазни азимут; прилазну елевацију и DME.



Слика 1 – Приказ поделе ваздушног простора

Комплексност ваздушног саобраћаја

Развој ваздушног саобраћаја у Европи бележи константан раст, а прогнозе показују очекивани раст до 6 процената на годишњем нивоу. Раст зависи од нестабилних фаза чији су узроци терористички напади, као и развој глобално-економске кризе која је још увек у току. Према статистичким анализама данас преко 4.5% светског бруто производа доноси ваздухопловна индустрија, 45% путника припада категорији туриста. Самим тим долази до све већег пораста ваздушног саобраћаја на аеродромима који се повећао пет пута у последњих 30 година.

У Европском ваздушном простору има преко 450 регистрованих аеродрома; 130 компанија и 60 провајдера услуга контроле летења у ваздушном саобраћају. Оперативно

спровођење Enroute ваздушног саобраћаја као и у терминалним и аеродромским зонама опслужује у Европском простору око 16.700 контролора летења. У комплексној струкури ATM-а у надлежности EUROCONTROL-овог ваздушног простора спроводи се од 26.000 до 38.000 летова дневно.

Савременим ваздухопловима и њиховом опремом све више управљају аутоматизовани системи у авиону. У контроли летења за сада, а вероватно и у наредном периоду ће коначне одлуке доносити контролор летења уз помоћ аутоматизације уређаја и система за вођење и надзор ваздухоплова. Комплексност се може дефинисати као стање које је тешко анализирати и разрешити, односно стање тежине неке операције или задатка. Европски ваздушни простор подељен је према националним границама у пружања услуга у ваздушном саобраћају које могу представљати ограничен простор за развој Европског простора кроз пројектовање и имплементацију оптималних и задовољавајућих потреба корисника. Садашњи ваздушни простор подељен је на области:

· области информисања у лету Flight Information Regions (FIRs),

· Upper Flight Information Regions (UIRs).

Сваки ваздушни простор има своје специфичности приликом пружања услуга у ваздушном саобраћају као и ограничења за пројектовање и имплементацију Европског ваздушног простора у циљу побољшања сарадње међу пружаоцима услуга без обзира на државне границе.

Концепт који овде развијамо има релативно једноставну основу, експлоатишемо постојећу грешку и уз њену помоћ симулирамо навигацијски уређај. Услугом мобилне телефоније покривен је готово сваки педаљ земље на ком има људи. Због саме природе радио таласа, поред земље, покривен је и део неба, ваздушног простора. Новије технологије, које раде на вишим фреквенцијама имају усмеренije антене, па тиме боље покривају жељени простор, док се интерференција на нежељеном минимизује. Ово је један од основних критеријума, поред распрострањености, по коме смо изабарали систем који ће бити коришћен, расипање сигнала "ка небу". Идеја да се дронови крећу најкраћим рутама ка жељеним локацијама реална је као и да исто радимо аутомобилом, превише препрека и непознаница, кретање локалним путем до магистралног или експресног има више смисла, безбедније је, лако за планирање, може бити једносмерно и остаје великог капацитета.

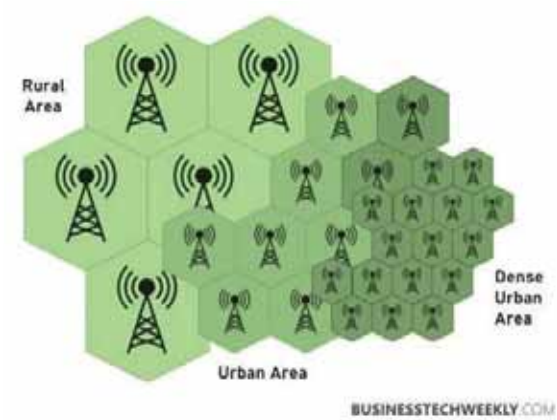
Ћелије мобилне телефоније

Услед ограниченог спектра, ресурса који је под власништвом и контролом државе, у мобилној телефонији дошло је до развоја концепта ћелија. Овај концепт је почео да се развија 70-их година прошлог века [7]. Основна идеја је да се простор подели на ћелије, где на свакој ћелији користимо један фреквенцијски канал, држећи се правила да суседне ћелије не користе исте канале. Бенефити овог концепта су:

- уместо једног предајника веће снаге користи се више мањих предајника мање снаге.

- Већи капацитет система - мање корисника истовремено опслужује један предајник, тј. што је мања површина ћелије, већи је укупни капацитет система

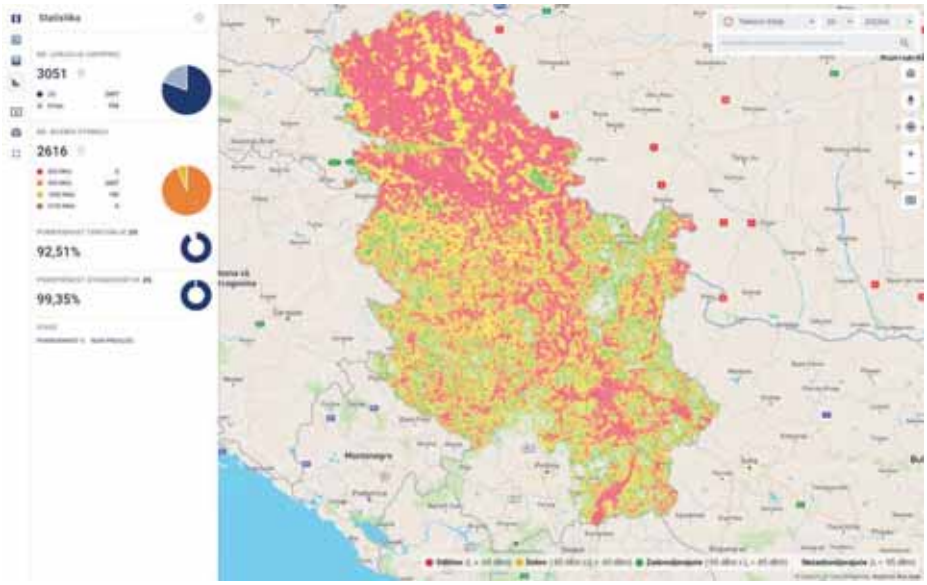
- Ефикасније коришћење спектра



Слика 2 – Ћелијско покривање [8]

2G

Први Global System for Mobile communication (GSM) стандард дефинисан је од стране Европског института за стандарде телекомуникација (ETSI) 1990. године, а прве комерцијалне инсатлације почеле су 1992. GSM ради примарно на фреквенцији 900MHz, а често ради постизања већег капацитета и на 1800MHz. Оригинално GSM је замишљен за пренос говора, ради комутацијом кола али подржава и пренос податак са протоком 9.6kbit/s. Проширењем стандарда High Speed Circuit Switched Data (HSCSD) омогућава се агрегација канала и протоци до 57.6 kbit/s. Даљи развој технологије, General Packet Radio Service (GPRS), уводи пакетски саобраћај и теоријске протке до 171 kbit/s, у пракси до 40 kbit/s. Enhanced Data rates for Global Evolution (EDGE) уводи побољшања технологије на физичком слоју и теоријске протоке до 384 kbit/s. 2G технологије за лоцирање корисника могу користити технику мултилатерације, где се на основу растојања од више базних станица одређује локација. На основу кашњења одговора од базне станице може се одредити удаљеност од исте. Базна станица се идентификује идентификатором базне станице(ћелије) који трансмитује у етар [5]. Максимална брзина кретања корисника GSM мреже је 250km/h за GSM900 а 130 km/h за GSM1800.



Слика 3 – Покривање Србије 2G мрежом провајдера Телеком Србија [9]

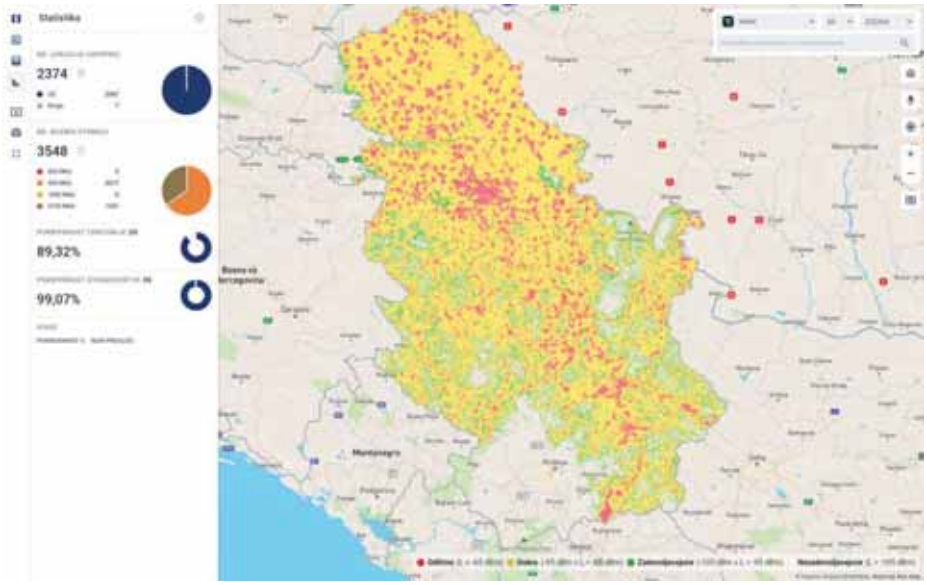
3G

Трећа генерација мобилне телефоније, Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), појавила се почетком деведесетих. За пренос података користи технике проширеног спектра и кодног мултиплексирања за дељење спектра међу корсницима. Постоје два мода: FDD (Frequency Division Duplex) где су uplink и downlink одвојени у фреквенцијском домену и TDD (Time Division Duplex) где су раздвојени у временским слотовима. Основни захтеви приликом дефинисања стандарда су били:

- Rural Outdoor: at least 144 kbit/s (goal to achieve 384 kbit/s), max. speed: 500 km/h
- Suburban Outdoor: at least 384 kbps (goal to achieve 512 kbit/s), max. speed: 120 km/h
- Indoor/Low range outdoor: at least 2Mbps, max. speed: 10 km/h

UMTS ради на 2100MHz и ефикасније користи спектар него претходна генерација.

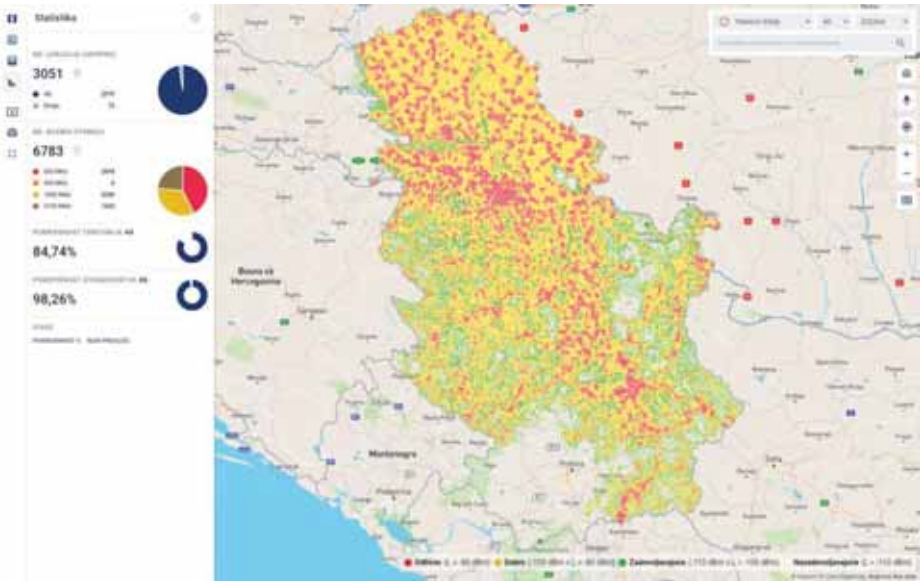
UMTS је током година видео бројна унапређења. Последње, HSPA+ (High Speed Packet Access) омогућава протоке до 168.8 Mb/s. Позиционитање у 3G технологијама ради на исти начин као и позиционирање у 2G технологијама, са тиме да се за 3G технологије очекује већа густина радио базних станица.



Слика 4 – Покривање Србије 3G мрежом провајдера Yetel [9]

4G

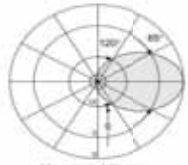
Четврта генерација мобилне телефоније дефинисана је 2009. године кроз Release 8 3GPP организације а њена имплементација кренула је следеће године. Long Term Evolution (LTE) као главне циљеве има веће протоке и бољу спектралну ефикасност, као и прелаз на потпуно пакетску мрежу. LTE користи OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) на downlink-у а SC-FDMA (Single Carrier- Frequency Division Multiple Access) на uplink-у. Оптимизован је за мале брзине кретања, али подржава брзине до 500 km/h. Оригинални захтеви за протоком су били 100 Mbps за downlink/50 Mbps за uplink. Кроз унапређења система ови протоци су увећани па се сад може остварити и 326Mbps/86Mbps. 4G стандарди подразумевају подршку и примену у Narrowband IoT (Internet of Things) решењима. 4G технологије најчешће се користе у опсегу 1800MHz, 800MHz и ређе на 2100MHz. Технологија лоцирања у 4G технологијама остала је практично иста као у претходним генерацијама, осим што је постајање GPS (Global Positioning System) модула у мобилним телефонима постало стандард. Ово је изнедрило хибридне методе лоцирања са GPS-ом за сваку од генерација мобилне телефоније.



Слика 5 – Покривање Србије 4G мрежом провајдера Телеком Србија [9]

XPol A-Panel 800/900 65° 15dBi 6°T

Type No.	739 632
Input	2 x 7-16 female
Connector position	Bottom
Frequency range	806 – 960 MHz
VSWR	< 1.3 (870 – 960 MHz) < 1.5 (806 – 870 MHz)
Gain	2 x 15 dBi (870 – 960 MHz) 2 x 14.5 dBi (806 – 870 MHz)
Impedance	50 Ω
Polarization	+45°, -45°
Front-to-back-ratio, copolar	> 30 dB
Half-power beam width	+45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 16°, 6°T -45° polarization Horizontal: 65°, vertical: 16°, 6°T
Isolation	> 32 dB (824 – 960 MHz) > 30 dB (806 – 824 MHz)
Max. power per input	600 Watt (at 50 °C ambient temperature)
Weight	8 kg
Wind load	Frontal: 230 N (at 150 km/h) Lateral: 130 N (at 150 km/h) Rearside: 500 N (at 150 km/h)
Max. wind velocity	200 km/h
Packing size	1422 x 287 x 165 mm
Height/width/depth	1296 / 262 / 116 mm



Horizontal Pattern

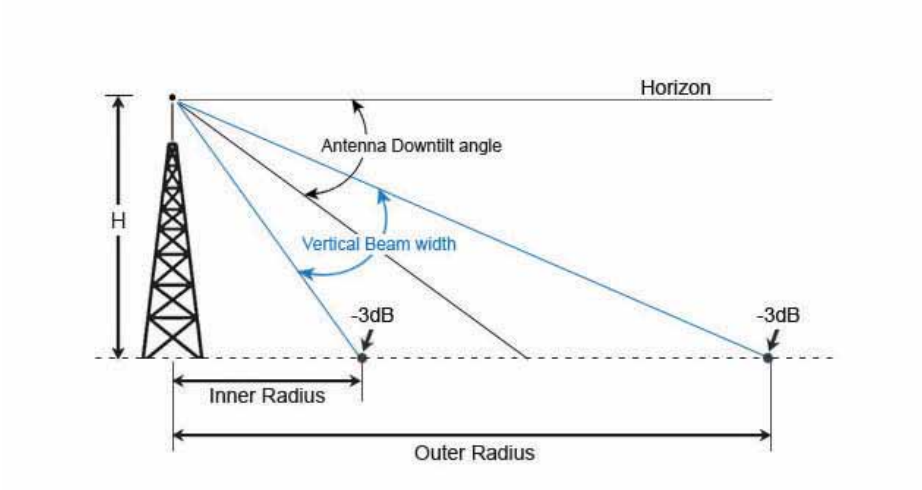
Vertical Pattern

– 6° electr. downtilt
– typical sidelobe suppression above horizon for first and second sidelobe:
≥ 16 dB (824 – 960 MHz)
≥ 14 dB (806 – 824 MHz)
below max. gain.

Слика 6 – Карактеристике антене на 900MHz, антена Kathrein 739 632

Типична антена има front to back слабљење реда величине 30dB. Ово значи да је сигнал иза антене око 1000 пута слабији од сигнала испред анене. Типична антена има максимални тилт на доле до 30 °. Због веће густине и мање величине ћелија у урбаним срединама, тилт је већи него већим у руралним. Из ових разлога највећи део сигнала у ваздушном простору очекујемо од последица рефлексије. У урбаним срединама услед већег тилта и велике концентрације равних површина од рефлектујућих материјала очекује се јачи сигнал у ваздуху.

Прорачун снаге рефлектованог сигнала за 900MHz на висини 300m



Слика 7 – Радиус покривања сигналом

У прорачуну за просечну висину антене узећемо 35m и вертикалну ширину снопа зрачења антене од 16°.

За тилт на доле од 20° радиус покривања је од 65m до 165m што одговара покривању урбаног подручја(слика 7).

За тилт на доле од 10° радиус покривања је од 108m до 1002m што одговара покривању руралног подручја.

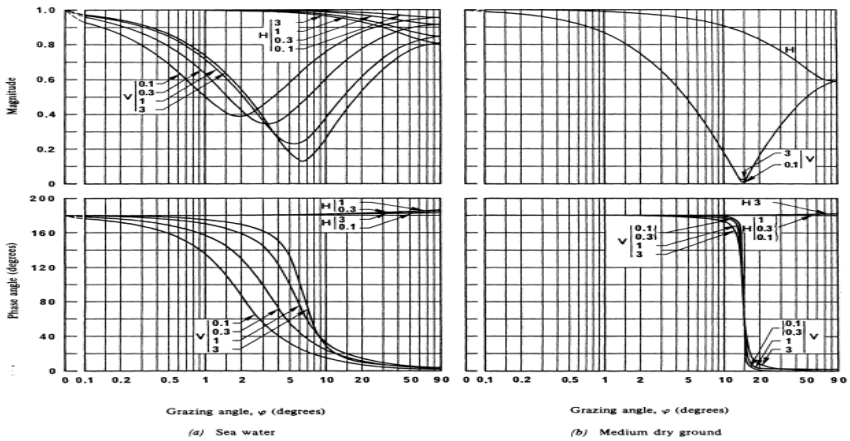


FIGURE 1 – *Magnitude and phase of the reflection coefficient of a plane surface as functions of grazing angle, φ, for vertical V and horizontal H polarizations*

The frequencies are given in GHz.

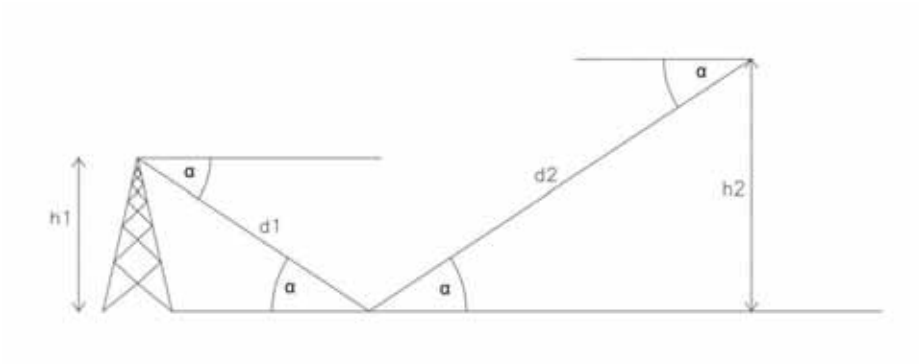
Note. – The characteristics of sea water and medium dry ground are given in Recommendation 527.

Слика 8 – Карактеристика рефлектованог таласа у зависности од угла рефлексије и фреквенције и поларизације [6]

Коефицијент амплитуде рефлексије [6] за 900MHz и нападни угао од 20° за средње суво земњиште за хоризонталну поларизацију је ~0.84, а за вертикалну ~0.18.

Коефицијент амплитуде рефлексије за 900MHz и нападни угао од 10° за средње суво земњиште за хоризонталну поларизацију је ~0.91, а за вертикалну ~0.18.

Антене мобилне телефоније готово увек раде у косој поларизацији, са диверзити техникама где се користи поларизација ±45°. У прорачуну посматраћемо најгори случај, вертикалну поларизацију, односно коефицијенте 0.18(-14.89dB) за нападни угао од 20° и 0.18(-14.89dB) за нападни угао од 10°.



Слика 9 – Рефлектовани талас

Предикцију јачине поља радимо на основу формуле за губитке простирања таласа у слободном простору на који ћемо додати губитке услед рефлексије.

$$FSPL = 20\log_{10}(d) + 20\log_{10}(f) + 20\log_{10}(\frac{4\pi}{c}) - G_{Tx} - G_{Rx}$$

Где је:

- $FSPL$ укупни губици простирања таласа кроз слободан простор
- d укупно растојање које талас прелази
- f фреквенција таласа
- c брзина светлости
- G_{Tx} појачање антене на предаји, прочитано из спецификације(слика 6)
- G_{Rx} појачање пријемне антене, занемарено

Укупно растојање од предајника до пријемника, d, је збир растојања d1 и d2(слика 9). За вредност h1 узимамо уобичајену висину антене, 35m, а за h2 узимамо максималну дозвољену висину лета, 300m.

$$\mathrm{d1} = \frac{h1}{\sin\alpha} \quad , \quad \mathrm{d2} = \frac{h2}{\sin\alpha}$$

Где је α угао тилта на доле. За:

- α=10° добија се d=1928m
- α=20° добија се d=979m.

Укупно слабљење на траси добија се формулом:

$$A_{total} = FSPL + A_{reflek}$$

Где је A_{reflek} губитак услед рефлексије који се чита са графика (слика 8)

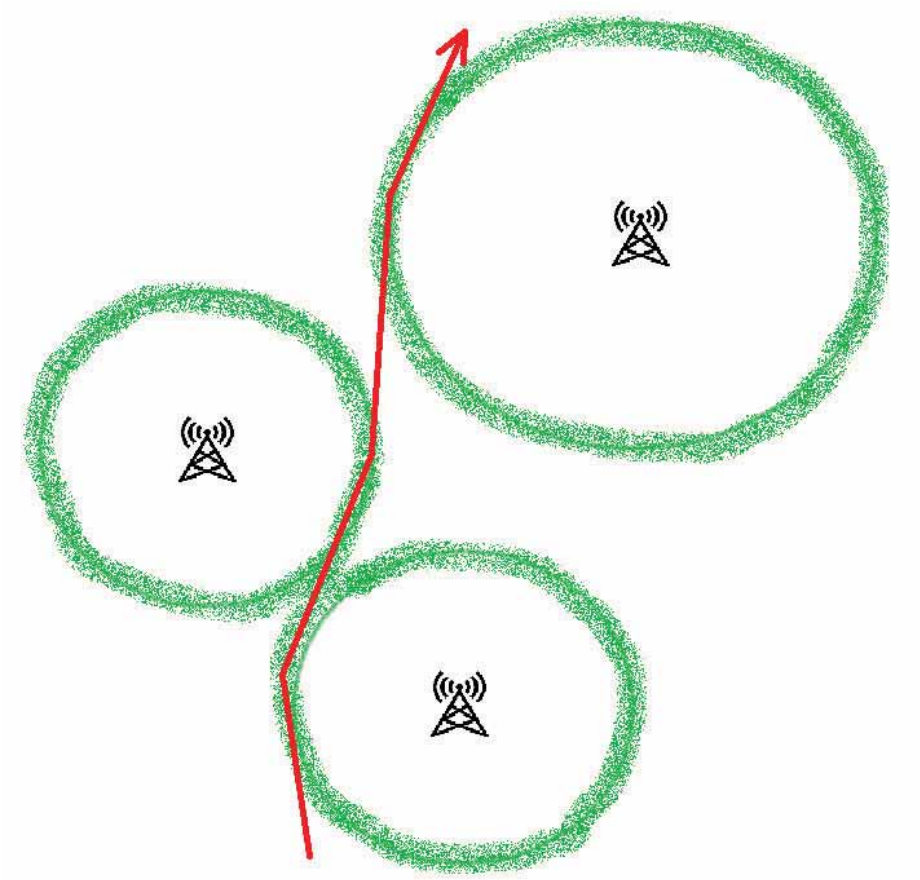
Укупно слабљење на траси износи:

- За α=10° 97.12dB
- За α=20° 91.23dB

Када се на укупно слабљење дода предајна снага од 20W(43dBm) по носиоцу добија се предикција снаге сигнала на висини 300m у правцу главног снопа зрачења:

- За α=10° -54.12dBm
- За α=20° -48.23dBm

Обе вредности одговарају одличном сигналу (>-70dBm) што значи да се у реалним условима може очекивати постојање рута око антенских стубова на висини 300m у односу на површину терена која имају довољно добро покривање. У реалним условима очекује се знатно слабији сигнал због слабљења која овде нисмо узели у обзир, као што су талсност терена, вегетација, различита влажност и састав земљлишта, зграде, саобраћајнице, далеководи... Сви ови додатни извори слабљења сигнала су споро променљиви, па се мапирањем покривања могу установити сталне "сигурне" руте са добрим покривањем сигналом (слика 10).



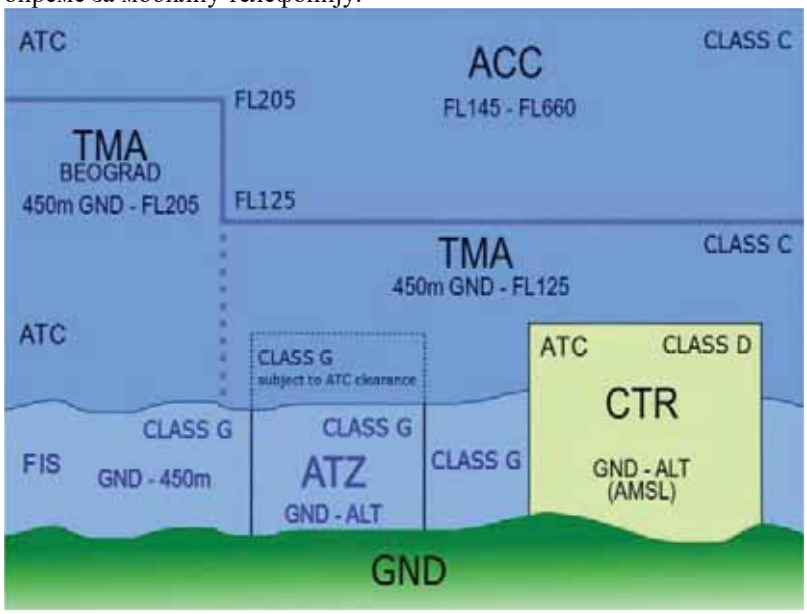
Слика 10 – Пример руте

Дефинисање рутне мреже помоћу ГСМа

Сам распоред мреже за мобилну телефонију гарантује нам бољу покривеност односно већу густину антена тамо где је и густина потенцијалних корисника највећа. То нам дозвољава да наше руте, тамо где има више потенцијалних корисника организујемо као кружне токове и тако обезбедимо да сав саобраћај иде у истом смеру, што нам

смањује број потенцијалних конфликата и убрзава кретање. Достава са краја на крај земље аутоматизованим летелицама није реална, постоје бржи, безбеднији и пре свега системи веће носивисти за ову намену тако да би економичност била упитна. Директна достава преко целе територије није реална а ни исплатива тако да је реално очекивати организацију регионалних хабова који би били чворишта система из којих би била организована појединачна достава. Ови центри не морају бити лоцирани у местима доставе, могу бити удаљени пар километара и може их бити неколико ако говоримо о насељима са тристотинак и више хиљада становника. У оквиру регионалних центара или неколико њих за клијенте који имају велики број пошиљака и спремни су да плате за ефикасну доставу, директна достава се организује само уз кординацију преко центра, а сам клијент има статус мини хаба по питању базирања летелица, не и по питању дистрибуције и разврставања. Систем у простору оваквог корисника, или више њих уређује простор опет по принципу кружног тока, наравно ово ће утицати на све летове у том простору.

Пројектовање ваздушних коридора је добро упеглана и дефинисана процедура са јасним капацитетима, безбедносним баферима начинима коришћења и процедурама уласка и изласка из исте. Али мрежа коју желимо да дефинишемо треба да буде у максималној могућој мери аутоматизована. Не полазимо са аеродрома, не желимо да будемо у максимално засићеном простору, потреба је да имамо што више директних линија. Оно што нам треба то су географски фиксиране недвосмислене позиције на основу којих би биле дефинисане. Неопходно је да поред постојеће мреже радио навигационих уређаја створимо додатну или искористимо постојећу мрежу за повећање прецизности и поузданости. Ове летелице летеће по унапред прорачунатим или по накнадно измењеним рутама у складу са потребама, са што мањим упливом оператера. Наши коридори за дронове биће додатно дефинисани позицијама везаним за мрежу опреме за мобилну телефонију.



Слика 11 – Класе ваздушног простора

По ICAO Annex 11 од 2001. године класификација ваздушног простора обухвата 7 класа означених словима A - G. Систем вредности ознака класификације представља класу A као најзахтевнију, а класу G као најмање рестриктивну. Класе од класе A до класе E намењене су контролисаном ваздушном простору, а класе F и G намењене су неконтролисаном ваздушном простору.

Екстрмни случај аутоматизованог летења је губитак податка о позицији летелице, тачније када летелица не препознаје своју позицију. У овом случају морамо имати могућност да се положај утврди и да се након тога донесе одлука о наставку лета. Шта радити у периоду када је комуникација изгубљена? На ово питање одговорићемо у неком од наредних радова.

Литература:

[1] Obrad Babić, Feđa Netjasov, Kontrola letenja, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2016.

[2] Dr Slobodan Gvozdenović, Dr Petar Mirosaljević, Dr Olja Čokorilo, Performanse transportnih vazduhoplova, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2016.

[3] Miodrag Ilić, Vazduhopovna navigacija, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, 2008.

[4] Air Traffic Management: Procedures for Air Navigation Services, ICAO (International Civil Aviaiton Organizationa), Montreal, 2007.

[5] Mirjana Simić-Pejović, Principi pozicioniranja u ćelijskim radio sistemima, Udžbenik Elektrotehničkog Fakulteta U Beogradu, Beograd, 2016.

[6] ITU-R, Reflection from the surface of the Earth, Report P.1008-1, 1990.

[7] V. H. MacDonald, "The cellular concept", The Bell Systems Technical Journal, vol. 58, no. 1, pp. 15-43, January 1979.

[8] James Edmondson, Cellular networks: A quick guide for Business users, businesstechweekly.com, 2021.

[9] RATEL, Mapa pokrivanja, mapepokrivenosti.ratel.rs/lat/portal, 2022.

*Violeta Lukić-Vujadinović[1]
Branimir Miletić[2]
Velibor Peulić[3]

Stručni rad
UDK 007.52:[656.1.053:351.811

VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA U AUTOMOBILIMA U FUNKCIJI BEZBJEDNOSTI SAOBRAĆAJA SA POSEBNIM OSVRTOM NA BEZBJEDNOST MLADIH VOZAČA

Sažetak

Sa razvojem automobilske industrije, razvijali su se i brojni sistemi zaštite sa ciljem smanjenja rizika i stradanja vozača i putnika u saobraćaju, kao što su sistemi aktivne i pasivne bezbjednosti vozila. Savremena tehnološka rješenja, poput automobila kojima nije potreban vozač za upravljanje (tzv. „pametna vozila“), zasnovana su na vještačkoj inteligenciji koja, pomoću kompleksnih računarskih sistema, simulira ljudsku inteligenciju.

Sve veća primena vještačke inteligencije vodi ka razvoju nove generacije automatizovanih vozila, koja su sposobna da se bezbjedno kreću na javnom putu uz ograničenu ljudsku intervenciju ili bez nje. Autonomni (pametni) automobili imaju potencijal da značajno smanje broj saobraćajnih nezgoda i posledica u njima izazvanih ljudskom greškom, posebno kod mladih i neiskusnih vozača. Takođe, mogu da poboljšaju protok saobraćaja i smanje zastoji u saobraćaju, kao i da povećaju mobilnost osobama sa određenim ograničenjima (starije osobe, invalidi i dr.).

Ključne reči: vještačka inteligencija, vozač, vozilo, put, računar, bezbjednost, saobraćajna nezgoda.

Abstract

With the development of the automotive industry, numerous protection systems were developed with the aim of reducing the risk and suffering of drivers and passengers in traffic, such as active and passive vehicle safety systems. Modern technological solutions, such as cars that do not need a driver to operate (so-called „smart vehicles“), are based on artificial intelligence that, by using of complex computer systems, simulates human intelligence.

The increasing application of artificial intelligence is leading to the development of a new generation of automated vehicles, which are capable of navigating safely on public roads with little or no human intervention. Autonomous (smart) cars have the potential to significantly reduce the number of traffic accidents and their consequences caused by human error, especially among young and inexperienced drivers. Also, they can improve traffic flow and reduce traffic jams, as well as increase the mobility of people with certain limitations (elderly people, invalids, etc.).

Key words: artificial intelligence, driver, vehicle, road, computer, safety, traffic accident

Kontakt autor: Violeta Lukić-Vujadinović, e-mail: violetalukicvujadinovic@gmail.com

[1]*Auto škola Lukić, Tina Ujevića br8, 76100 Brčko, BiH; Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment „Fimek“ Cvećarska 2, 21000 Novi Sad;*

[2]*Environ doo, istraživačko-razvojni centar, Čukarička 9, 11000 Beograd;*

[3]*Panevropski univerzitet "APEIRON", Vojvode Pere Krece 13, 78102 Banja Luka, Republika Srpska, BiH; Institut izvrsnosti u logistici, Banja Luka.*

1. UVOD

Vještačka inteligencija kao pojam u širem smislu, označava kapacitet jedne vještačke tvorevine za realizovanje funkcija koje su karakteristika ljudskog razmišljanja [1].

Za stvaranje pojma „vještačka inteligencija“ (VI), zaslužan je američki informatičar Džon Makarti, *(John McCarthy)*, na konferenciji održanoj 1956. godine na Koledžu u Dartmudu (engl. Dartmouth College - SAD), tvorac programskog jezika „Lisp“.

Prema američkom matematičaru Marvinu Minskom *(Marvin Minsky)*: "Vještačka inteligencija je konstruisanje računarskih sistema sa osobinama koje bi kod ljudskih bića bile okarakterisane kao inteligentne“ [2].

Vještačka inteligencija se bavi analizom i razvojem tehnika i algoritama (kompjuterskih programa) pomoću kojih računari izvršavaju mnogobrojne i kompleksne zadatke koji zahtjevaju osobine i nivoe kakve ima ljudska inteligencija.

Savremena tehnološka rješenja, poput automobila kojima nije potreban vozač za upravljanje (tzv. „pametna vozila“), zasnovana su na vještačkoj inteligenciji i tzv. „mašinskom učenju“, koji, pomoću kompleksnih računarskih sistema, simuliraju ljudsku inteligenciju. Mašinsko učenje je podoblast vještačke inteligencije čiji je cilj konstruisanje algoritama i računarskih sistema koji su sposobni da se adaptiraju na analogne nove situacije i uče na bazi iskustva [3].

Savremena vozila su sve više opremljena automatizovanim mehanizmima koji su dizajnirani da pomognu ili zamjene vozača i poboljšaju bezbjednost učesnika u saobraćaju. Ovaj trend vodi ka razvoju nove generacije automatizovanih vozila, koja su sposobna da se bezbjedno kreću na javnom putu uz ograničenu ljudsku intervenciju ili bez nje.

Ove tehnike, kombinujući matematičko modeliranje, napredne algoritme, velike količine podataka i ogroman računarski potencijal, postepeno zatvaraju jaz između automatizovanih sistema i sposobnosti ljudskog rasuđivanja (donošenja odluka) u svrhu uspostavljanja bezbjedne automatizovane vožnje.

2. PRIMJENA I ZNAČAJ VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U AUTOMOBILIMA

Lica u automobilu (vozač i putnici) spadaju u najugroženiju kategoriju učesnika u saobraćaju. Sa razvojom automobilske industrije, razvijali su se i brojni sistemi zaštite i automatizacije u automobilima sa ciljem da se smanje rizici i stradanja vozača i putnika u saobraćaju, kao što su brojni sistemi aktivne i pasivne bezbjednosti vozila.

2.1. Nivoi automatizacije naprednih tehnologija u vozilu

Danas, čak i najviši nivo automatizacije vožnje koji je dostupan vlasnicima vozila zahteva puno angažovanje vozača i njihovu nepodjeljenu pažnju. Američka nacionalna uprava za bezbjednost saobraćaja na autoputevima (NHTSA) i Društvo automobilskih inženjera SAD (SAE) postavili su šest nivoa automatizacije vozila, odnosno vožnje, počevši od nivoa 0 (bez automatizacije) do nivoa 5 (potpuna automatizacija) [4]:

Nivo 0: Nema automatizacije

Vozač ima punu kontrolu nad vozilom u svakom trenutku.

Nivo 1: Pomoć vozaču

Vozilo ima neke automatizovane funkcije, kao što je održavanje pravca (saobraćajne traka) ili prilagodljivi tempomat, ali vozač mora ostati pažljiv i spreman da preuzme kontrolu nad vozilom u bilo kom trenutku.

Nivo 2: Djelimična automatizacija

Vozilo ima naprednije automatizovane funkcije, kao što je mogućnost kontrole ubrzanja, kočenja i upravljanja, ali vozač i dalje mora da nadgleda okolinu i da bude spreman da interveniše ako je potrebno.

Nivo 3: Uslovna automatizacija

Vozilo je u stanju da obavlja sve zadatke vožnje pod određenim uslovima, ali vozač mora biti spreman da preuzme kontrolu nad vozilom ako se vozilo nađe u saobraćajnoj situaciji sa kojom „ne može da se nosi“ bez intervencije vozača.

Nivo 4: Visoka automatizacija

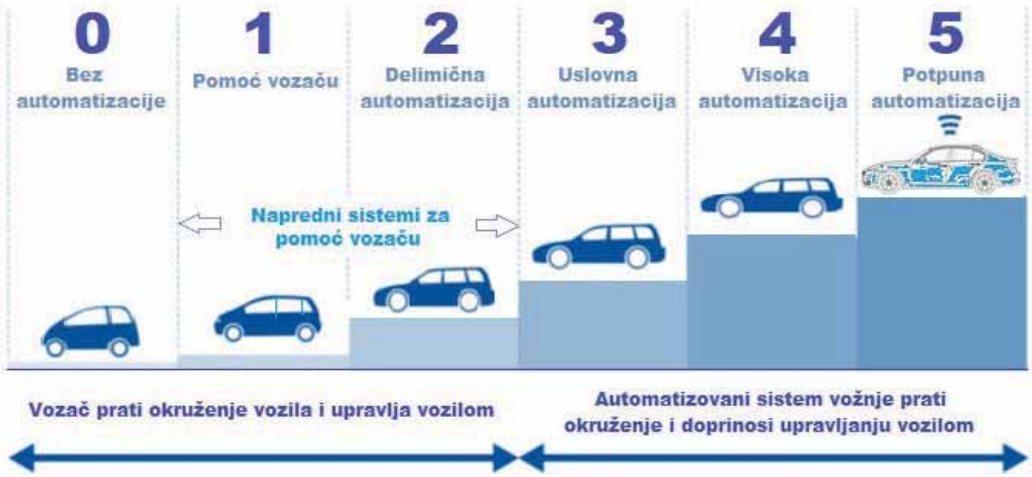
Vozilo je u stanju da ispunjava sve zadatke vožnje u širokom spektru uslova, ali od vozača se i dalje zahteva da preuzme kontrolu u određenim složenim situacijama, kao što je loše vrijeme ili složeni saobraćajni uslovi.

Nivo 5: Potpuna automatizacija

Vozilo je u stanju da ispunjava sve zadatke vožnje pod bilo kojim uslovima, a od vozača se ne zahtjeva da preuzme kontrolu nad vozilom.

Pametni (autonomni) automobili još nisu na nivou 5 i nije izvjesno kada će doći do ovog nivoa. Većina „pametnih“ automobila koji su trenutno na putevima su na nivou 4 ili niže.

SAE International (globalno udruženje za razvoj standarda) prema standardu SAE J3016 definiše šest nivoa automatizacije vožnje za drumska vozila *(slika 1.)* [5].



Slika 1. Standard SAE J3016 definiše šest nivoa automatizacije vožnje za drumska vozila [5]

3. PAMETNI AUTOMOBILI- OSNOVNE KARAKTERISTIKE

3.1. Mehatronički sistemi i komponente na vozilima

Savremeni mehatronički sistemi predstavljaju fuziju mehaničkih, električnih i elektronskih komponenti u jedinstven funkcionalni automatizovani sistem upravljan računarom. Funkcionalnom vezom ovih sistema pomoću senzora, aktuatora i upravljačkog računara definisan je savremeni mehatronički sistem. Na *slici 2.* dat je grafički prikaz prožimanja sve tri naučne discipline, koje čine mehatroniku.

Slika 2. Prikaz mehatronike kao multidiciplinarne oblasti inženjerstva [6]

Mehatronički sistemi, u užem smislu, sastoje se od:

- davača, koji registruju promjene parametara procesa i radne okoline,
- mreže za prenos podataka i upravljanje funkcijama,
- mikroprocesora, koji ove informacije obrađuje i izdaje određene zadatke,
- aktuatora koji reaguju u skladu sa naloženim zadacima[6].

Ovi sistemi našli su svoju veliku primjenu kod „pametnih“ (autonomnih ili automatizovanih) automobila. Pametni automobili su vozila koja koriste vještačku inteligenciju i druge napredne tehnologije za autonomno upravljanje vozilom. Kod potpune automatizacije vozilo je u stanju da ispunjava sve zadatke vožnje pod bilo kojim uslovima pri čemu se od vozača ne zahtjeva da preuzme kontrolu nad vozilom ili, u krajnjem slučaju, vozač nije prisutan.

U praksi, na javnim putevima, pametni automobili još uvek nisu dostigli nivo potpune automatizacije već se od vozača i dalje zahtjeva da preuzme kontrolu u određenim složenim situacijama, kao što je loše vrijeme ili složeni saobraćajni uslovi. Još uvek postoji mnogo izazova koje treba riješiti pre nego što autonomni automobili, na javnim putevima, postanu stvarnost i široko rasprostranjeni.

Jedan od glavnih izazova je razvoj sistema vještačke inteligencije u automobilima koji su autonomni i dovoljno pouzdani da se mogu koristiti u realnim uslovima na javnim putevima. Takođe, postoje i regulatorna, odnosno pravna i etička pitanja koja treba riješiti, kao što su pitanja bezbjednosti i odgovornosti pojedinih učesnika (vozači, putnici, pješaci, upravljači puta i dr.) u slučaju saobraćajne nezgode.

Uprkos navedenim izazovima, razvoj autonomnih automobila napreduje velikom brzinom i već se testiraju na određenim javnim putevima u pojedinim razvijenim zemljama.

4. BEZBJEDNOSNI IZAZOVI KOD PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE U AUTOMOBILIMA

4.1. Doprinos savremenih tehnologija i vještačke inteligencije bezbednosti vozača i putnika u vozilu

Jedno od ključnih pitanja primjene vještačke inteligencije u automobilima jeste pitanje bezbjednosti vozača i putnika u autonomnom vozilu, kao i drugih učesnika u saobraćaju u neposrednom okruženju.

Pitanje bezbjednosti kod primjene vještačke inteligencije u autonomnim vozilima ima za cilj da identifikuje potencijalne uzroke kvarova u sistemu funkcionisanja vještačke

inteligencije i da spriječi svaku mogućnost pojave neusklađenog ili neočekivanog ponašanja vozila.

Da bi se osiguralo bezbjedno učešće autonomnog vozila u javnom saobraćaju neophodno je obezbjediti pouzdanost i efikasnost svih komponenti u složenom sistemu identifikovanja i prijema ogromne količine informacija i podataka iz spoljnog okruženja, čijom obradom računar nudi optimalna rešenja za pravilno funkcionisanje vozila, u svakom trenutku, što je osnova primene vještačke inteligencije u vozilima.

Tri su ključne oblasti bezbjednosti vještačke inteligencije u vozilima [5]:

- *usaglašenost* - obezbjeđivanje da je ponašanje sistema i svih njegovih elemenata u potpunosti usaglašeno (usklađeno i održivo) sa namerama dizajnera;
- *pouzdanost* - obezbjeđivanje garancija da sistem neće pokazati neočekivano ponašanje u širokom spektru uslova sa kojima se sreće u realnom vremenu;
- *provjerljivost (mjerljivost)* - obezbjeđivanje da je sistem uređen na način da je provjerljiv i razumljiv.

Spoljno okruženje u kome treba da funkcioniše autonomno vozilo sačinjeno je od velikog broja situacija koje su samo delimično obuhvaćene skupovima podataka na kojima su razvijeni sistemi vještačke inteligencije.

Faktori varijabilnosti, pored različitih saobraćajnih situacija, uključuju i putnu infrastrukturu, osvjetljenje, vrste vozila, ponašanje drugih učesnika, vremenske prilike, stanje kolovoza i dr. Zbog toga je aspekt pouzdanosti posebno bitan u kontekstu autonomne vožnje, jer posljedice grešaka mogu biti tragične, poput gubitka života, teških povreda i velike materijalne štete. Takođe, sve veća primena informacionih tehnologija i vještačke inteligencije u vozilima postavlja velike izazove u vezi sa sajber bezbjednošću vozila, imajući u vidu potencijalni uticaj koji bi sajber napad mogao imati ako su osnovne funkcije vozila ugrožene.

Konačno, provjera unutrašnjih mehanizama na kojima se zasniva proces donošenja odluka u okviru primjene vještačke inteligencije ključna je za bezbjednosna pitanja. Zato je važno, prije primjene, provjeriti da li svi sistemi vještačke inteligencije u autonomnom vozilu pokazuju dovoljan nivo bezbjednosti za vožnju na javnom putu, kao i da li postoji mogućnost utvrđivanja odgovornosti u slučaju saobraćajne nezgode.

4.2. Prednosti i nedostaci kod primjene vještačke inteligencije u automobilima

Autonomni automobili imaju potencijal da donesu mnoge prednosti u svakodnevnom životu, ali i dalje postoje brojni izazovi koje treba riješiti prije nego što ova vozila postanu široko rasprostranjena. Očekivane prednosti primjene vještačke inteligencije u automobilima, odnosno kod autonomne vožnje su:

- *Povećanje bezbjednosti saobraćaja:* Autonomni automobili imaju potencijal da značajno smanje broj saobraćajnih nezgoda i posljedica (poginulih, povređenih i materijalne štete) izazvanih ljudskom greškom. Automatizovani sistemi vožnje, uklanjaju vozača kao ključnog uzročnika saobraćajnih nezgoda.

- *Ekonomske i društvene koristi:* Automatizovane tehnologije primjenjene u vozilima donijeće dodatne ekonomske i društvene koristi, kroz optimizaciju pojedinih troškova u saobraćaju.

- *Bolji protok saobraćaja:* Autonomni automobili mogu poboljšati protok saobraćaja i smanjiti zastoje u saobraćaju tako što će međusobno komunicirati i donositi odluke u realnom vremenu kako bi se kretanje vozila brzo uskladilo i optimizovalo.

- *Povećana mobilnost:* Autonomni automobili mogu povećati mobilnost ljudi koji ne mogu da voze zbog starosti, invalidnostiili drugih ograničenja.

- *Povećanje produktivnosti:* Automatizovana vožnja smanjuje napetost i umor izazvan vožnjom. U potpuno automatizovanim automobilima, putnici bi mogli da ostvare brojne produktivne aktivnosti dok putuju.

- *Prednosti za životnu sredinu:* Autonomni automobili bi mogli, zbog optimizacije vožnje i kretanja da smanje potrošnju goriva i emisiju štetnih gasova, što ima pozitivan uticaj na životnu sredinu.

- *Efikasnost i udobnost:* Automatizovani sistemi vožnje imaju potencijal da poboljšaju efikasnost i udobnost tokom vožnje.

- *Smanjenje potreba za parking prostorima:* Automatizacija vozila će povećati upotrebu automatizovanih voznih parkova, a time i smanjiti potrebu za parking prostorima.

Nedostaci primjene vještačke inteligencije u automobilima odnose se prvenstveno na pitanja bezbjednosti i pouzdanosti sistema primjene vještačke inteligencije.

Jedna od očekivanih otežavajućih okolnosti kod automatizovane vožnje jeste da će vožnja u vozilu bez vozača za volanom biti uznemirujuća za putnike, posebno u početku njene primene. Sa druge strane, kako automatizovana vožnja bude postajala uobičajena, sve će više biti prisutno potpuno prepuštanje autonomnoj vožnji, čime će se i bezbjednost putnika potpuno prepustiti vještačkoj inteligenciji, što u slučaju bilo kakve greške ili kvara u sistemu može da dovede do nekontrolisanog kretanja vozila, saobraćajne nezgode i stradanja putnika.

Potencijalni nedostaci kod autonomne vožnje su:

- *Zabrinutost u vezi sa pouzdanošću i bezbjednošću:* Postoji zabrinutost za pouzdanost i bezbjednost autonomnih automobila, posebno u složenim ili nepredvidivim situacijama u saobraćaju.

- *Gubitak posla:* Autonomni automobili mogu dovesti do gubitka posla za brojne vozače, kao što su vozači autobusa, teretnih i taksi vozila.

- *Etička i pravna pitanja:* Postoje etička i pravna pitanja koja treba rešiti, kao što je potpuna bezbjednost putnika, pješaka i drugih učesnika u saobraćaju, kao i pitanja odgovornosti u slučaju saobraćajne nezgode.

- *Rizici za sajber bezbjednost sistema:* Autonomni automobili mogu biti ranjivi na sajber napade, imajući u vidu primjenu infermacionih tehnologija za funkcionisanje „pametnih vozila“, što bi moglo da ugrozi njihovu bezbednost i bezbjednost putnika.

Trend proizvodnje i uvođenja autonomnih vozila u saobraćaj sve je prisutniji, posebno u Sjedinjenim Američkim Državama. Automobili bez vozača prisutni su na pojedinim putevima u Kaliforniji, a nekoliko drugih država uvelo je propise o testiranju automatizovanih vozila.

Međutim, 2018.godine jedno od autonomnih vozila kompanije „*Uber*“, udarilo je i usmrtilo ženu pešaka u gradu Tempi u američkoj državi Arizoni, kada je prelazila kolovoz van pješačkog prelaza. Vozilo je bilo podešeno na automatsko upravljanje, a vozač je bio za volanom. Ovo je prvi smrtni slučaj pješaka u saobraćajnoj nezgodi u kojoj je učestvovalo autonomno vozilo [7].

Ovaj tragični primer predstavlja upozorenje da je tehnologija bez vozača još uvek u ranoj fazi i da ima još mnogo posla da se uradi da bi autonomna vozila bila bezbjedna u saobraćaju. Ipak, procjena je da će primjena vještačke inteligencije i pametnih vozila u saobraćaju u skoroj budućnosti doprineti značajnom povećanju bezbjednosti saobraćaja na putevima, odnosno smanjenju stradanja u saobraćajnim nezgodama.

Na *slici 3*.prikazana je japanska vizija pametnog automobila *„Toyota Concept“*.

Slika3 - „Toyota Concept“, japanska vizija automobila iz 2030. g. u kojem je integrisan sistem vještačke inteligencije "Yui", koji će komunicirati sa vlasnikom i putnicima putem glasovnih i svjetlosnih poruka [8]

5. PRIMJENA SAVREMENIH TEHNOLOGIJA NA MOTORNIM VOZILIMA U SVRHU POVEĆANJA BEZBJEDNOSTI MLADIH VOZAČA U SAOBRAĆAJU

5.1. Informacione tehnologije i sistemi u funkciji unapređenja bezbjednosti mladih vozača

Mjere bazirane na informacionim tehnologijama su još u razvoju, ali je već sada jasno da neke od njih mogu biti izuzetno korisne za mlade vozače, kao što su:

- pametne kartice,
- alkobrave,
- aktivni sigurnosni pojasevi,
- crne kutije za prikupljanje podataka o vožnji,
- elektronska kontrola stabilnosti i
- napredni sistemi pomoći u vožnji.

Pametne kartice sadrže informacije o vozaču i u kombinaciji sa sistemom za startovanje vozila, sprečavaju pokretanje vozila ukoliko vozaču nije dozvoljeno da upravlja vozilom. Takođe, mogu se koristiti kod selekcije vozača koji imaju određena ograničenja (zbog postojanja zabrane ili kod mlaihg vozača da voze u noćnim satima).

Uticaj alkohol je jedan od važnijih faktora rizika i uzroka stradanja mladih vozača. Sistem koji bi mogao spriječiti mlade vozače da koriste automobil kada su pod uticajem alkohola, može značajno unaprijediti njihovu bezbjednost. Alkobrava je uređaj koji provjerava koncentraciju alkohola u vozačevom dahu pre i za vrijeme vožnje. Ako je nivo alkohola iznad unaprijed zadate vrednosti, sistem će onemogućiti startovanje vozila i vožnju.

Prema istraživanjima, za vozače putničkih automobila i kombi vozila, sigurnosni pojasevi su 50% efikasni (doprinose u sprečavanju smrtonosnih povreda), 45% u sprečavanju teških i 25% kod lakih povreda. Za putnike na prednjim sjedištima sigurnosni pojasevi su 45% efikasni u sprečavanju smrtonosnih povreda, 45% u sprečavanju teških i 20% kod lakih povreda. Za putnike na zadnjim sedištima, sigurnosni pojasevi su 25% efikasni u sprečavanju teških i smrtonosnih povreda i 20% u sprečavanju lakših povreda *(Rune Elvik, Alena Høye, Truls Va, Michael Sørensen, 2009)* [9].

Pojasevi su najefikasniji u sprečavanju smrtnog ishoda kod saobraćajnih nezgoda kod kojih je došlo do prevrtanja vozila, gde smanjenje broja smrtnih slučajeva, zahvaljujući sigurnosnim pojasevima, iznosi 74%. *(NHTSA, 2000)* [10].

Još su efikasniji u zaštiti tzv.aktivni sigurnosni pojasevi koji imaju sopstvene motore koji zatežu pojas u slučaju opasnosti ili naglog usporenja [9]. Kada je vozilo u pokretu ovi pojasevi

optimalnom silom pritiskaju vozača uz naslon sjedišta, pružajući mu maksimalnu zaštitu prilikom naglog kočenja ili sudara.

S obzirom na zastupljenost poginulih i teško povređenih lica u saobraćajnim nezgodama zbog nekorišćenja sigurnosnih pojaseva, sistemi koji upozoravaju vozača o nevezivanju sigurnosnih pojaseva ili koji sprečavaju startovanje vozila ili vožnju ako sigurnosni pojasevi nisu upotrijebljeni, mogu značajno smanjiti broj poginulih i povređenih mladih vozača u saobraćajnim nezgodama.

Crne kutije ili uređaji za prikupljanje podataka o vožnji, mogu se koristiti u svrhu prikupljanja podataka o aktivnostima i kretanju vozača i vozila, kako bi se pružile povratne informacije, kako samom vozaču, tako i ostalim zainteresovanim stranama (poslodavci, roditelja, policija, osiguravajuća društava i dr). Ova tehnologija može se primjeniti i na mlade vozače u cilju pozitivnog uticaja na njihovo što savjesnije i bezbjednije ponašanje u saobraćaju.

Elektronska kontrola stabilnosti može biti efikasna u smanjenju broja saobraćajnih nezgoda i posljedica uzrokovanih gubljenjem kontrole nad vozilom i sletanja vozila sa puta, koje rezultuju teškim povredama ili poginulima u preko 30% ovih slučajeva.

Napredni sistemi pomoći pri vožnji su široka kategorija sistema kojima je za cilj pomaganje vozaču pri vožnji, poput kontrole brzine, održavanje stabilnosti i pravca kretanja vozila i rastojanja.

5.2. Zaštitni sistemi bezbjednosti vozila

Mjere koje se primjenjuju u prevenciji i smanjenju povreda u vozilima mogu biti *aktivne* i *pasivne*. Aktivne mjere podrazumevaju preduzimanje određenih radnji kako bi sistemi zaštite bili u funkciji.

Za razliku od aktivnih, pasivne mjere zaštite ne zahtevaju nikakvu prethodnu radnju u njihovom aktiviranju, već se automatski aktiviraju kada se stvore odgovarajući uslovi.

Sistem pasivne bezbjednosti vozila sastoji se od više elemenata koji doprinose većoj zaštiti vozača i putnika u vozilu. Među najvažnije elemente ovog sistema spadaju:

- dizajn strukture vozila (spolja i unutra);
- sigurnosni pojasevi za fiksiranje položaja vozača i putnika, kod naglog kočenja ili sudara;
- bezbjednosna sjedišta i drugi sistemi zaštite za decu;
- vazdušni jastuci.

5.3.Elementi aktivne bezbjednosti vozila

Najveću korist kod primjena savremenih tehnologija aktivne bezbjednosti imaju vozači početnici koji još nemaju dovoljno iskustva i prakse za bezbjedan izlazak iz složenih i konfliktnih situacija na putu. Glavna svrha savremenih elemenata aktivne bezbednosti vozila jeste signaliziranje ili „korekcija“ vozačevih grešaka u vožnji. Budući da postoje različiti problemi koji se pojavljuju u vožnji, postoje i različiti sistemi koji pomažu u njihovom savladavanju.

Primjera radi, u slučajevima mokrog i klizavog kolovoza, zbog naglog kočenja, može doći do proklizavanja točkova. Naime, uplašena reakcija vozača zbog iznenadne pojave nepredviđene prepreke (npr. životinje na putu) ili pogrešno shvaćeno ponašanje drugih učesnika u saobraćaju, po pravilu dovodi do naglog i prejakog pritiskanja papučice kočnice. Posledica toga je blokiranje točkova što znači gubitak upravljivosti. Tada nastaje problem što vozilo postaje neupravljivo (klizi po podlozi), nestabilno je (okreće se u različitim pravcima), a sam put zaustavljanja vozila je duži.

Poseban problem nastupa pri kočenju na kolovozu kada su točkovi jedne strane vozila na klizavoj površini (npr. na ledu), a drugi točkovi na manje klizavoj podlozi. Tada se pojavljuje obrtni moment koji nastoji zaokrenuti vozilo u odnosu na pravac kretanja. Dio vozila na ledu

ubrzava, a dio na suvom usporava (koči), zbog čega vozilo rotira prema suvom dijelu kolovoza, gdje dolazi do gubitka kontrole nad vozilom usled iskliznuća vozila sa kolovoza.

Svrha aktivnih elemenata bezbjednosti je da se otklone navedeni problemi, tj. izvrši dopuna funkcije kočenja s ciljem održavanja stabilnosti vozila u svim uslovima na kolovozu. Sistem od koga je počelo uvođenje aktivnih sistema bezbjednosti vozila je tzv. ABS sistem, sa čijim su se usavršavanjem dobili i drugi sistemi za povećanje stabilnosti vozila. Danas su u širokoj primjeni sledeći sistemi:

- ABS - AntiBlockier System,
- BAS - BrakeAssist System,
- ASR ili TCS–Antriebs-Schlupf-Regelung ili TractionControl System,
- ESP ili FDR –ElectronicStability Programili Fahr Dynamik Regelung
- DBC –Dynamic Brake Control

5.4. ABS sistem

Kada vozilo počne da klizi po podlozi, s njim nije moguće upravljanje tj.usmeravanje u željenom pravcu. U trenutku kada dođe do blokade točkova prilikom kočenja, desiće se neželjeno klizanj vozila. Stoga su iskusniji vozači (pre pojave ABS-a) „dozirali“ pritisak na papučicu kočnica, neposredno prije ili na samom početku proklizavanja točkova, naizmjenično smanjujući i pojačavajući pritisak, ponavljajući taj postupak do željenog usporavanja ili zaustavljanja vozila. Svrha ABS-a je upravo u tome da se napravi ovakvo „dozirano“ kočenje.

Prednosti ABS-a su:

- smanjuje se uticaj bočnih sila na vozilo i zanošenje vozila, zbog čega ostaje stabilno,
- vozilo ostaje upravljivo što omogućava izbjegavanje sudara i sletanja vozila sa puta,
- omogućava se efikasnije kočenje i kraći zaustavni put,
- sprečava se nepotrebno habanje(trošenje) pneumatika.

ASR *(Antriebs Schlupf Regelung)* i **TCS** *(Traction Control System)* ugrađuje se u putnička ili privredna vozila sa zadatkom da ograniči obrtni moment motora na vrijednost koju je moguće prenijeti na podlogu, bez proklizavanja točkova. Na taj način sprečava se zanošenje vozila, uz optimalan nivo vučne sile. Povećanje vučne sile u praksi znači da pokretanje vozila na klizavom kolovozu, snijegu, blatu i sl. neće uzrokovati okretanje točkova u prazno.

ESP ili ESC *(Electronic Stability Program ili Electronic Stability Control)* je sistem za elektronsku kontrolu stabilnosti vozila. Kod ovog sistema, kočenjem određenog točka utiče se na kretanje i zanošenje automobila u krivini ili pri nagloj promjeni pravca. Kada senzori registruju gubitak stabilnosti na vozilu, sistem reaguje tako što aktivira kočnicu na određenom točku ili više njih, čime „prilagođava“ putanju vozila.

Osnovu ESP sitema čine 3 senzora: senzor brzine na svakom točku, senzor položaja volana i senzor rotacije vozila oko svoje vertikalne ose. Na osnovu signala ovih senzora, centralna jedinica određuje način i intenzitet intervencije sistema.

Po potrebi, smanjuje se i broj obrtaja motora kako bi se vozilo smirilo i kako bi pogonski točkovi povratili trakciju. Upravljanje procesom kočenja obavlja se uz pomoć ABS sistema.ESP predstavlja integrisanu celinu s ABS sistemom i sistemom za kontrolu trakcije, koja sprečava proklizavanje pogonskih točkova (TCS/ASR).

Brojna istraživanja su pokazala da ESP može značajno smanjiti broj saobraćajnih nezgoda uzrokovanih gubitkom kontrole nad vozilom, posebno kod neiskusnih vozača. Na *slici 4.* prikazana je animacija ponašanja vozila, pri naglom kočenju, sa i bez ugrađenog ESP sistema.

Slika 4. Animacija kretanja vozila, pri naglom kočenju,sa i bez ESP sistema

5.5. Metode ispitivanja

Pretpostavka je da ESP sistem sprečavanjem blokiranja točkova povećava stabilnost i upravljivost vozila, a istovremeno obezbjeđuje kraći put zaustavljanja na većini putnih podloga u odnosu na put zaustavljanja vozila čiji su točkovi blokirani. Istraživanjem je trebalo potvrditi pretpostavku da vozila sa uređajima protiv blokiranja točkova i kontrolu upravljivosti imaju veći koeficijent iskorišćenja prijanjanja na podlogu, bolju stabilnosti i upravljivost u odnosu na vozila sa starim konvencionalnim kočionim sistemima i kao takvi pomažu vozačima, posebno vozačima početnicima, da izbjegnu gubitak kontrole nad vozilom, odnosno saobraćajnu nezgodu.

Za dokazivanje navedenih pretpostavki urađeno je ispitivanje i uporedni testovi vozila sa ESP i bez ESP uređaja, uz primjenu određenih metoda u različitim uslovima. Osnovna svrha ovog istraživanja je da se dokaže (potvrdi) prednost upotrebe uređaja za kontrolu upravljivosti vozila u realnim uslovima na putu.

5.6. Interni eksperiment [11]

Ekperimentalnim putem istražena je efikasnost procesa ekstremnog kočenja vozila sa uključenim sistemom ESP na suvoj asfaltnoj podlozi u pravolinijskom kretanju vozila i sa isključenim ESP-om, pod istim uslovima kretanja vozila, prema unaprijed utvrđenoj matrici testiranja, kako bi se utvrdile prednosti ovih sistema kao podrška vozačima početnicima.

Dobijeni rezultati treba da potvrde kako koeficijent trenja između točkova i podloge utiče na proklizavanje točkova vozila. Stoga je bilo neophodno istražiti i uporediti efikasnost kočionih sistema (uređaja) protiv blokiranja točkova u odnosu na konvencionalne sistemime u pogledu dužine puta kočenja, provjeriti osnovne funkcije sistema protiv blokiranja točkova i obezbjeđenja upravljivosti vozila u kritičnim situacijamana putu, analizirati situaciju kod nejednakih sila kočenjana na pojedinim točkovima i različitog koeficijenta prijanjanja pri kočenju.

Proklizavanje točkova, zanošenje i sletanje vozila sa puta karakteristična je pojava kod vozača početnika na klizavom kolovozu, zbog neprimjerenih (ekstremnih) refleksnih reakcija i naglog kočenja, što često dovodi do gubitka kontrole nad vozilom i saobraćajne nezgode.

Pored navedenog postupka, vršeno je istovetno istraživanje ponašanja vozila na istoj lokaciji, sa uključenim i sa isključenim ESP sistemom,u uslovima mokrog kolovoza.

Konačan cilj istraživanja je da se dobijeni rezultati uporede s rezultatima sličnih istraživanja i da se izvedu zaključci u kojim situacijama i kakav uticaj imaju uređaji za kontrolu upravljivosti pri kočenju na stabilnost, upravljivost i zaustavni put vozila kojim upravljaju vozači početnici.

5.7. Plan eksperimenta i matrica ispitivanja

Za sprovođenje planiranog eksperimenta obezbjeđeni su svi potrebni uslovi za ostvarivanje postavljenih ciljeva istraživanja:

- odabrano je optimalno mesto za izvođenje eksperimenta,
- obezbjeđeno je potrebno vozilo i uređaj za praćenje ponašanja dinamike vozila u toku izvođenja eksperimenta,
- izabrani su planirani vremenski uslovi, spoljna temperatura i stanje podloge (kolovoza): povoljni (suv kolovoz) i nepovoljni (mokar kolovoz).

Rezultati eksperimenta odnose se na utvrđivanje ponašanja vozila za vreme naglog kočenja u uslovima suvog i mokrog kolovoza pri zadatim brzinama kretanja, prema unaprijed definisanoj matrici ispitivanja (suv i mokar asfalt, ekstremno kočenje pri brzinama od 20, 40, 60, 80 i 100 km/čas).

U toku izvođenja eksperimenta, pored kontrole kretanja vozila, radi utvrđivanja stabilnosti i upravnjivosti vozila,izmereni su i sledeći parametri: pravac kretanja vozila, tačna brzina u momentu ekstremnog kočenja, put kočenja, usporenje, bočno usporenje i efikasnost kočenja.

5.8. Izbor mjesta istraživanja i angažovana sredstva

Eksperimentalna mjerenja sprovedena su na novosagrađenoj dionici magistralnog puta (obilaznica oko Brčkog) – *slika 5*. Ukupna dužina ove dionice puta je 18,86 km sa dvosmjernim saobraćajem (dvije kolovozne trake, na kolovozu sa dvije saobraćajne trake ili po jednu saobraćajnu traku u kolovoznoj traci). Put je sa savremenim kolovoznim zastorom i sa uzdužnim nagibom od 3%.

Slika 5. Mjesto eksperimentalnog istraživanja (obilaznica magistralnog puta oko Brčkog)

Za vrijeme izvođenja eksperimenta u uslovima suvog kolovoza, spoljna temperatura vazduha iznosila je 26°C, vrijeme sunčano i bez vjetra. Mjerenja na mokroj podlozi vršena su u toku blagog padanja kiše sa dobrom vidljivošću, bez vjetra i pri spoljnoj temperaturi vazduha od 14°C.

Za sprovođenje eksperimenta korišćeno je putničko vozilo marke „WV Golf VI“ mase 1.314 kg sa četvorocilindričnim dizel motorom snage 77 kW/105 KS i radne zapremine 1598 cm^3. Vozilo je proizvedeno 2012.godine s manuelnim petobrzinskim mjenjačem. Kočnice vozila su opremljene četvorokanalnim uređajem protiv blokiranja točkova - ABS sistemom kočenja, nezavisno za svaki točak i sa elektronskom raspodelom kočione sile EBD i elektronskim sistemom kontrole stabilnosti vozila ESP („Bosch ABS s EBD“).

Na vozilu tokom eksperimentalnih mjerenja na suvoj i mokroj podlozi bili su pneumatici (M+S)marke „Sava“, dimenzija 195/65R15, radijalni tubeless s aluminijumskim felnama.

Za mjerenje parametara brzine kretanja vozila u momentu ekstremnog kočenja: put kočenja, usporenje, bočno usporenje, tragovi zanošenja vozila, tragovi klizanja, tragovi blokirajućih točkova i

efikasnost kočenja prema zakonskim normativima, odabran je kombinovani uređaj *„Verikom VC 3000“*, dinamometar s kompjuterom za ispitivanje kočnica *(slika 6)*. Mjerni uređaj sastoji se od tri važne komponente: mjerač ubrzanja, kristalni sat i mikrokontroler.

Slika 6. Merni uređaj Vericom (VC 3000)

Tokom mjerenja uređaj VC 3000 postavljen je na prednje vetrobransko staklo s vakuumskim pričvršćivačima, pri čemu senzor usporenja radi na principu inercije.

5.9. Izvođenje eksperimentalnog ispitivanja

U toku ispitivanja performansi kočionih sistema sa uključenim i isključenim ESP uređajima korišćeno je ekstremno pritiskanje papučice kočnice silom koja izaziva blokiranje točkova ili bi moglo prouzrokovati blokiranje točkova sa i bez asistencije ESP uređaja, takozvano „ekstremno kočenje“. Najčešće, u iznenadnim i opasnim situacijama, dolazi do ekstremnog pritiskanja papučice kočnice i naglog aktiviranja kočnica, posebno kod neiskusnih vozača. Zbog toga je vršeno forsirano eksperimentalno kočenje radi istraživanja ponašanja vozila u realnim uslovima.

Procjena je da sistem protiv blokiranja točkova u ovakvim situacijama skraćuje zaustavni put vozila, omogućava bolju stabilnost i upravljivost vozila što utiče na bezbjedniju vožnju. Konačno, cilj istraživanja je da se sagledaju mogućnosti kočnica sa uređajem protiv blokiranja točkova, njihova efikasnost, kao i prednosti u odnosu na kočne sisteme na vozilima bez ESP-a, (tzv. konvencionalnikočioni sistemi). Raspon brzina od 20 km/h između svakog mjerenja uzet je iz razloga postizanja što tačnijih rezultata.

5.10. Rezultati eksperimentalnih merenja

Pod istim putnim i vremenskim uslovima izvršena su ispitivanja i mjerenja kočionih performansi sa uključenim i sa isključenim uređajima protiv blokiranja točkova vozila (ABS) i uređaja za kontrolu stabilnosti ESP.

Eksperimentalnim mjerenjem dobijeni su podaci o brzini kretanja vozila u trenutku ekstremnog aktiviranja uređaja za kočenje, put kočenja od trenutka aktiviranja uređaja za kočenje do trenutka potpunog zaustavljanja vozila, vreme zaustavljanja vozila, prosječno usporenje, maksimalno usporenje, kao i srednje i maksimalno bočno usporenje. Zbog uspona od 3% izvršena je odgovarajuća korekcija veličine maksimalnog usporenja.

5.11. Analiza i ocena istraživanja efikasnosti sistema aktivne bezbjednosti vozila

Eksperimentalnim istraživanjem i mjerenjem utvrđena je razlika kočionih parametara na suvoj i mokroj asfaltnoj podlozi sa uključenim i isključenim sistemom za kontrolu stabilnosti, i uočene prednosti ovog sistema protiv blokiranja točkova vozila u odnosu na kočnice bez sistema protiv blokiranja točkova u pogledu upravljivosti, stabilnosti i dužine zaustavnog puta. Analizirajući rezultate mjerenja u pogledu ponašanja vozila može se sa sigurnošću tvrditi da vozila sa uključenim sistemom protiv blokiranja točkova u toku kočenja imaju dobru stabilnost i upravljivost pri ekstremnom kočenju i na suvom i na mokrom kolovozu.

Prilikom istraživanja, u zadatim serijama mjerenja, ocjenjivani su rezultati efikasnosti kočenja vozila sa isključenim ESP-om na suvoj asfaltnoj podlozi do brzine 100 km/h jer je preko ove brzine dolazilo do destabilizacije kretanja vozila sa neizvesnim ishodom u pogledu putanje.

Kod ekstremnog kočenja bez ESP-a na suvoj podlozi vozilo je održavalo dobru stabilnost, ali slabu upravljivost do brzine od 60 km/h, a od 60 km/h do 100 km/h vozilo se ponašalo nestabilno i bilo je potpuno neupravljivo, dok je pri brzini od 120 km/h dolazilo do zakretanja vozila za 90 stepeni. Stoga se sa sigurnošću može konstatovati da bi ovakva pojava bila opasna u realnim uslovima saobraćaja.

Na mokrom kolovozu eksperimentalna mjerenja bez uključenog ESP-a su uspješno izvedena samo do brzine od 60 km/h, a pri većim brzinama dolazilo je do rizičnog zakretanja vozila oko vertikalne ose. Bočno klizanje, odnosno bočna nestabilnost i teškoće u upravljanju vozila dešavale su se kod ekstremnog kočenja pri brzinama vozila većim od 40 km/h, na mokroj podlozi i bez ESP-a. Pri brzinama većim od 60 km/h, pri ekstremnom kočenju pod istim uslovima, vozilo je bilo potpuno neupravljivo.

U toku eksperimentalnih mjerenja, pri brzinama većim od 60 km/h, kod ekstremnog kočenja vozila dolazilo je do blokiranja točkova i gubitka kontrole upravljanja. U trenutku blokiranja točkova vozilo počinje da klizi pa okretanje volana, odnosno zakretanje točkova nije uticalo na promenu pravca kretanja (klizanja) vozila. Drugim riječima, vozilo je bilo potpuno neupravljivo i nestabilno, a zaustavni put duži.

5.12. Ocjena efikasnosti sistema za kontrolu upravljivosti na vozilima

Kod vozača početnika dešava se da kod pojave konfliktne situacije dođe do zakašnjele reakcije aktiviranja papučice kočnice ili izvođenja pravovremenog manevra za izbjegavanje drugog vozila ili prepreke. Vrijeme zakašnjenja reakcije iznosi za vozače početnike od 0,5 do 2,0 sekunde. Za proračun zaustavnog puta kod forsiranog kočenja vozila kojim upravlja vozač početnik uzeta je vijrednost od 1,0 sekunde. Za poređenje rezultata posmatrani su rezultati sa isključenim i uključenim sistemom za kontrolu upravljivosti (ESP) na suvoj asfaltnoj podlozi.

U *tabeli 1.*dati su rezultati zaustavnog puta vozila kojim upravlja vozač početnik sa isključenim sistemom za kontrolu upravljivosti ESP.

Tabela 1. Zaustavni put vozila kojim upravlja profesionalni vozač i vozač početnik na suvoj asfaltnoj podlozi sa isključenim ESP sistemom

V (km/h)	Profes. vozač S (m) bez ESP Zaustavni put	Vozač početnik S (m) bez ESP Zaustavni put	Razlika u dužini zaustavnog puta
20	2,27	7,824	**5,554**
40	8,62	19,728	**11,108**
60	21,63	38,292	**16,662**
80	40,53	62,746	**22,216**
100	64,80	92,57	**27,770**

Iz tabele je vidljivo da je uslijed zakašnjele reakcije vozača početnika od jedne sekunde u odnosu na profesionalnog vozača, kod vozila koje ne posjeduje ESP sistem, došlo do povećanja zaustavnog puta od 5,55 metara za brzinu od 20 km/h pa do 27,77 metara pri brzini od 100 km/h.

U *tabeli 2.* dati su rezultati zaustavnog puta vozila kojim upravlja vozač početnik i profesionalni vozač sa uključenim i isključenim sistemom za kontrolu upravljivosti ESP.

Tabela 2. Zaustavni put vozila kojim upravlja vozač početnik i profesionalni vozač na suvoj asfaltnoj podlozi sa uključenim i isključenim ESP sistemom

V (km/h)	Zaustavni put profesionalnog vozača		Zaustavni put vozača početnika		
	S (m) bez ESP	S (m) sa ESP	S (m) bez ESP	S (m) sa ESP	Razlika u dužini zaust. puta (m)
20	2,27	2,11	7,824	7,644	**0,18**
40	8,62	8,22	19,728	19,208	**0,52**
60	21,63	18,68	38,292	34,972	**3,32**
80	40,53	33,06	62,746	54,466	**8,28**
100	64,80	49,54	92,57	75,87	**16,7**

Iz prethodne tabele vidljivo je da kod vozača početnika sistem za kontrolu upravljivosti ESP pod kojim se nalaze podsistemi ABS, EBD, ASR utiče na skraćenje puta kočenja do zaustavljanja od 0,18 metara pri brzini od 20 km/h do 16,7 m pri brzini od 100 km/h.

U realnim konfliktnim situacijama koje mogu dovesti do saobraćajne nezgode čak i male razlike u zaustavnom putu igraju važnu ulogu u izbjegavanju saobraćajne nezgode. Na osnovu navedenih pokazatelja evidentna je značajna prednost postojanja savremenih sistema aktivne bezbjednosti vozila kao što je ESP sistem u vozilima kojima upravljaju vozači početnici.

Iz prethodne tabele vidljivo je da kod vozila kojim upravlja profesionalni vozač zautavni put sa uključenim ESP sistemom iznosi 49,5 metar dok kod vozača početnika on iznosi 75,87 metara. Razlika od 26,3 metara u dužini zaustavnog puta, bez obzira na postojanje ESP sistema, uzrokovana je zakašnjelom reakcijom vozača početnika na pojavu konfliktne situacije, što je direktna posljedica nedostatka vozačkog iskustva i reakcija vozača usled pojave straha kod novonastale situacije.

Na osnovu prethodnih parametara jasno je da poznavanje teorije i saobraćajnih pravila ne može vozaču zamijeniti "iskustvo" koje se stiče sa povećanjem pređenih kilometara u vožnji.

5.13. Zaključna razmatranja

Mladi vozači nisu dovoljno upoznati sa rizicima u saobraćaju, olako preduzimaju rizična ponašanja i potcjenjuju rizike u saobraćaju. U osnovi rizika mladih vozača je njihova nezrelost i neiskustvo koje utiče da ulaze u rizične situacije u saobraćaju i često izazivaju nezgode.

Korišćenje savremenih tehnologija (pametni ključevi, alko-brave, pametne kartice, aktivni sigurnosni pojasevi, crne kutije i sl.) doprinose smanjenju rizika od nepropisnog i nebezbjednog ponašanja vozača u saobraćaju, posebno mladih vozača, a time i smanjenju njihovog stradanja.

Rezultati eksperimentalnih mjerenja potvrđuju da nedovoljno iskusni vozači, uz pomoć naprednih sistema pomoći u vožnji, odnosno elektronskih sistema za kontrolu stabilnosti vozila (ESP), i pored naglog kočenja, neće biti u toj mjeri ugroženi u smislu gubitka kontrole nad vozilom, kao što je to slučaj sa vozilima bez ESP-a.

6. ZAKLJUČAK

Vještačka inteligencija igra ključnu ulogu u razvoju i primjeni pametnih (autonomnih) automobila. Pametni automobili koriste veštačku inteligenciju i druge napredne tehnologije za bezbjedno autonomno upravljanje vozilom. Kod potpune automatizacije vozilo je u stanju da ispunjava sve zadatke vožnje pod bilo kojim uslovima, pri čemu se od vozača ne zahtjeva da preuzme kontrolu nad vozilom.

U odnosu na nivo automatizacije, pametni automobili se klasifikuju u rasponu od nivoa 0 (bez automatizacije) do nivoa 5 (potpuno autonomni automobili). Većina pametnih automobila koji se danas koriste su na nivou 4 ili niže, što znači da su u stanju da ispunjavaju sve zadatke

vožnje pod određenim uslovima, ali vozač mora da bude spreman da preuzme kontrolu nad vozilom u svakom trenutku, ako je to potrebno.

Autonomni automobili imaju potencijal da značajno smanje broj saobraćajnih nezgoda i posljedica u njima (poginuli, povređeni, materijalna šteta) izazvanih ljudskom greškom, kao i da poboljšaju protok saobraćaja i smanje zastoje u saobraćaju, izborom i optimizacijom trase puta i brzine kretanja vozila.

Takođe, autonomni automobili mogu povećati mobilnost ljudi koji ne mogu da upravljaju vozilom zbog starosti, invaliditeta ili drugih ograničenja, kao i da smanje potrošnju gorivu i emisiju štetnih gasova, što može imati pozitivan uticaj na životnu sredinu.

U praksi, na javnim putevima, pametni automobili još uvek nisu dostigli nivo potpune automatizacije, već se od vozača i dalje zahteva da preuzme kontrolu u određenim složenim situacijama, kao što su loše vremenske prilike ili složeni saobraćajni uslovi. Još uvijek postoji mnogo izazova koje treba riješiti prije nego što autonomni automobili, na javnim putevima, postanu stvarnost i široko rasprostranjeni.

Uprkos navedenim izazovima, razvoj autonomnih automobila napređuje velikom brzinom i već se testiraju na određenim javnim putevima u pojedinim razvijenim zemljama.

LITERATURA

[1] https://sr.wikipedia.org/wiki/Veštačka_inteligencija
[2]ttps://www.google.com/search?q=marvin+minski+artificial+intelligence+is&oq=marvin+minski+artificial+intelligence+is&aqs=chrome..69i57j0i546.3486j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8
[3] (https://sh.wikipedia.org/wiki/Mašinsko_učenje
[4]https://www-techtarget-com.translate.goog/searchenterpriseai/definition/driverless-car?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=sr&_x_tr_hl=sr&_x_tr_pto=sc
[5]Artificial Intelligence in Automated Driving: an analysis of safety and cybersecurity challenges - European Union 2022 – JRC127189
[6]Savremeni sistemi na motornim vozilima - Mehatronički sistemi i mehatroničke komponenete na vozilima, str. 10, Agencija za bezbednost saobraćaja RS, 2020.
[7]https://www-techtarget-com.translate.goog/iotagenda/blog/IoT-Agenda/How-driverless-cars-will-interact-with-each-other-and-us?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=sr&_x_tr_hl=sr&_x_tr_pto=sc
[8] https://www.teslarati.com/toyota-unveils-ai-powered-autonomous-car-future/
[9] Rune Elvik, Alena Høye, Truls Va and Michael Sørensen; T*he Handbook of Road Safety Measures, Second Edition*, 2009.
[10] NHTSA (National Highway Traffic Safety Administration); Technical Report: *Fatality Reduction by Safety Belts for Front-Seat Occupants of Cars and Light Trucks, Page 29, 40,* DOT HS 809 199, Washington, 2000.
[11] B. Miletić, Sistemi zaštite dece putnika sa predlogom modela istraživanja indikatora performansi njihove bezbednosti u vozilu; doktorska disertacija, Brčko, 2016.
[12] V. Lukić, Primjena savremenih tehnologija na motornim vozilima u svrhu povećanja bezbjednosti mladih vozača u saobraćaju, doktorska disertacija, Brčko, 2016.

Mr. sc. Elvir Čajić[1]

Pregledni rad
UDK 007.52:37.018.43

RAZLIČITE PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE SA POSEBNIM OSVRTOM NA MOGUĆNOST PRIMJENE U OBRAZOVANJU

Sažetak

Ovaj rad predstavlja skroman doprinos u svijetu nauke i naučne discipline za primjenu vještačke inteligencije u različitim granama nauke i tehnike sa posebnim osvrtom na mogućnost primjene u obrazovanju počevši od osnovne,srednje škole pa sve do visokoškolskih ustanova. Vještačka inteligencija više nije samo naučna fantastika postala je realna priča i algoritmi za doradu izradu i primjenu vještačke inteligencije su uveliko što u primjeni što u doradi. Za razvoj vještačke inteligencije potrebno je duboko analizirati ,postaviti problem zatim uspostaviti ulazne varijable ali i angažovati što veći broj tehničara i naučnika da bi se primjenila u konkretnom slučaju. Zato je potrebno dobro poznavanje psihologije rada što se naravno postiže pomoću neuronskih mreža, potom primjenom mašinskog učenja da bi se iskustvenim rješenjima došlo do najboljeg mogućeg algoritma potom se jasno definišu problemi recimo u medicini, građevinarstvu, transportu, saobraćaju, obrazovanju , poslovanju ,vojnoj industriji, ekonomiji i slično . Danas gotovo nema grane industrije i privrede kao i prirodnih i tehničkih nauka gdje nema mogućnosti primjene vještačke inteligencije. U radu ćemo navesti nekoliko primjera primjene te samim tim osvrnuti se na primjenu u nastavi na svim nivoima obrazovanja. Nadam se da će ovaj rad dati skroman naučni pristup ovoj grani tehnike kako bismo u budućnosti podstakli još jača istraživanja na ovom polju.

Ključne riječi: Vještačka inteligencija, inteligentni agenti, umjetna inteligencija u edukaciji, primjeri primjene u obrazovanju.

Summary

This work represents a modest contribution to the world of science and scientific discipline for the application of artificial intelligence in various branches of science and technology, with a special focus on the possibility of application in education, starting from primary and secondary schools up to higher education institutions. Artificial intelligence is no longer just science fiction, it has become a real story and algorithms for the development and application of artificial intelligence are largely in application and in development. For the development of artificial intelligence, it is necessary to deeply analyze, set the problem, then establish the input variables, but also hire as many technicians and scientists as possible in order to apply it in a specific case. That is why a good knowledge of the psychology of work is necessary, which is of course achieved using neural networks, then by applying machine learning in order to arrive at the best possible algorithm with experiential solutions, then problems are clearly defined, for example in medicine, construction, transport, traffic, education, business, military industry , economy and the like. Today, there is almost no branch of industry and economy, as well as natural and technical sciences, where there is no possibility of applying artificial intelligence. In the paper, we will cite several examples of application and therefore look at the application in teaching at all levels of education. I hope that this paper will give a modest scientific

[1] Elvir Čajić, magistar nauka Osnovna škola Prokosovići Lukavac/Finra Tuzla/Evropski univerzitet Kallos Tuzla/ ecajic86@gmail.com

approach to this branch of technology in order to encourage even stronger research in this field in the future.

Keywords: Artificial intelligence, intelligent agents, artificial intelligence in education, examples of application in education.

1. Vještačka inteligencija

Stvaranje VI ili vještačke inteligencije je dosta kompliciran posao. No, razumijevanje kako VI funkcionira ne treba uopće biti komplicirano. Stvar je u tome da je velik broj strojeva, koji rade tako što koriste vještačku inteligenciju, rade na sličan način kao ljudski mozgovi, ali ne u potpunosti. Ipak, ono što VI ili vještačku inteligenciju odvaja od ostatka računarskih programa jest to što se za VI ne treba tačno odrediti svaki potprogram za svaki mogući scenarij, koji se može i ne mora dogoditi. Vještačku inteligenciju može se pokušati naučiti da sama nešto novo nauči. To se zove mašinsko učenje. Isto tako, vještačku inteligenciju se može naučiti da sama dalje uči i dolazi do novih otkrića i spoznaja. To se naziva dubokim učenjem. I unatoč tome što postoji cijeli niz varijacija na temu svakog od ova tri pojma, svi oni se mogu svesti pod iduće:

- Vještačka inteligencija, koja je poznata pod skraćenicom AI ili Artificial Intelligence, je mašina, koji ima sposobnost oponašati ili imitirati ljudsko ponašanje.
- Mašinsko učenje ili machine learning je podssistem vještačke inteligencije unutar kojeg ljudi osposobljavaju mašine, kako bi oni bili u mogućnosti prepoznati obrasce unutar podataka i kako bi mogli stvarati pretpostavke.
- Duboko učenje je podssistem mašinskog učenja unutar kojeg svaka mašina može sam sebe trenirati ili učiti.

Slika 1. Radionica robota sa vještačkom inteligencijom u Švicarskoj[2]

2. Mašinsko-strojno učenje

Strojno učenje grana je umjetne inteligencije u kojoj se primjenjuje računalo u rješavanju određenih problema. U primjeni ove metode se ne koristi programirano računalo koje u svojoj memoriji ima pohranjen primjer istog ili sličnog problema, već se računalo upoznaje s tematikom problema i pronalazi optimalno rješenje za proučeni problem. Najbolji primjer, koji je moguće prikazati u obrazovanju, može se najlakše povezati sa rješavanjem jednostavnih i

[2] Preuzeto 31.01.2023 sa: https://www.instagram.com/reel/CoDQrLtOD_G/?utm_source=ig_web_copy_link

složenih zadataka iz matematike. Računala su u prošlosti mogla raditi samo ono za što su bila programirana. Strojno učenje omogućava računalima učiti na sličan način kako to rade ljudi: stroj prikuplja znanje bazirano na prošlom iskustvu. Umjesto da mu se stalno mora ažurirati softverski kod, stroj je, kako vrijeme prolazi, samostalno sposoban poboljšavati svoj rad.

Primjeri primjene strojnog učenja vidljivi su u:

- Bioinformatici
- Prepoznavanju uzoraka
- Prepoznavanju govora
- Predviđanju trendova
- Inteligentnom upravljanju
- Programima implementacije koje nije moguće riješiti klasičnim programiranjem
- Prilagodljivim programskim sistemima.

Postoje tri vrste algoritama strojnog učenja :

- Nadzirano učenje - Skupovi podataka su označeni tako da se uzorci mogu otkriti i koristiti za označavanje novih skupova podataka, nadzirano učenje je ekvivalentno učenju sa učiteljem
- Nenadzirano učenje - Skupovi podataka nisu označeni, nego su razvrstani prema sličnostima ili razlikama, nenadzirano učenje ekvivalent je učenju bez učitelja. U ovom načinu učenja računalo provjerava svaki ishod. Zbog stalnog provjeravanja ishoda, u svrhu da se pronađe optimalno rješenje, ova vrsta učenja više spada u kategoriju rudarenja podataka, nego u metode učenja
- Podržano/ojačano učenje - Skupovi podataka nisu označeni, ali nakon izvršenja radnje ili nekoliko akcija, sustav UI dobiva povratnu informaciju. Metoda učenja usvojena je u umjetnoj inteligenciji (UI) kao metoda usmjeravanja strojnog učenja bez nadzora kroz nagrade i kazne.

Nema sumnje da će daljnji razvoj tehnologije i sve veća upotreba umjetne inteligencije, u narednim godinama, izazvati promjene na tržištu rada i načinu kako i koje poslove će ljudi u budućnosti obavljati. Neka predviđanja govore kako će u idućih 20-30 godina roboti zamijeniti polovicu svakodnevnih poslova, koje ljudi obavljaju danas. To ne znači da u budućnosti neće biti poslova, već će biti drugačije prirode. Tehnologija će ukinuti ili redefinirati neke od postojećih radnih mjesta, ali će istodobno i kreirati nova, kojima će se ljudi morati prilagoditi i za koje će trebati razviti nove vještine. Iz radničke perspektive, između nestanka radnog mjesta i bitno promijenjenog opisa radnog mjesta nije velika razlika, jer oni koji neće razviti nove kompetencije i vještine će vjerojatno ostati bez posla. Prema tome, treba stalno učiti, pratiti tehnološke trendove, spremno prihvaćati promjene i fokusirati se na područja gdje će ljudski faktor i dalje biti potreban, a umjetna inteligencija će biti onakva kakvom je stvore ljudi.

3. Inteligentni agenti

Inteligentni agent je program koji odluke donosi samostalno ili obavlja postavljene zadatke na temelju svog okruženja, korisničkog unosa i iskustva. Ti programi se koriste za samostalno prikupljanje informacija na redovan, programiran raspored ili na zahtjev korisnika. Drugi naziv za inteligentne agente je bot što je skraćenica od robota. Inteligentni 21 agenti funkcioniraju tako što, pomoću parametara, koje je korisnik pružio, pretražuju cijeli ili dio interneta, prikupljajući informacije za koje je korisnik zainteresiran. Podatke mogu pretraživati pomoću ključnih riječi ili datuma objave. Parametri pretraživanja, koje koriste agenti uz primjenu umjetne inteligencije, mogu se unijeti pomoću senzora, kao što

su mikrofon ili kamera, a izlaznu informaciju agent prikazuje na ekranu ili pomoću zvučnika. U obrazovanju je moguće primijeniti ovakvu vrstu umjetne inteligencije, vezano za dodatni sadržaj tijekom učenja. Ako se pojedinac zainteresira za neki događaj može istražiti dodatni sadržaj o tome te apsolvirati isti. Poznata online trgovina Amazon je razvila program Amazon assistant, koji olakšava pretraživanje. Program funkcionira da kupac slika proizvod koji ga zanima te program pretražuje slične rezultate u svim oglasima i na kraju daje ispis svih oglasa, koji se poklapaju u određenom postotku. Vrste inteligentnih agenata definirane su prema njihovim sposobnostima i stupnju inteligencije:

- Refleksni agenti: ti agenti funkcioniraju u trenutnom stanju, ignorirajući prošlost. Odgovori se temelje na pravilu akcije-uvjeta-akcije (ECA pravilo) gdje korisnik pokreće događaj, a agent se odnosi na popis unaprijed postavljenih pravila i unaprijed programiranih ishoda.
- Agenti zasnovani na modelu: ovi agenti odabiru radnju na isti način kao i refleksni agent, ali imaju sveobuhvatniji pogled na okoliš. Model svijeta programiran je u unutarnji sustav koji uključuje povijest agenta.
- Agenti temeljeni na cilju: ovi agenti proširuju bazu podataka agenta temeljenu na informacijskom modelu, uključujući i informacije o cilju ili informacije o poželjnim situacijama.
- Agenti temeljeni na korisnosti: ovi su agenti slični agentima koji su utemeljeni na ciljevima, ali pružaju dodatno mjerenje korisnosti koje procjenjuje svaki mogući scenarij na željeni rezultat i bira radnju koja maksimizira ishod. Primjeri kriterija ocjenjivanja mogu biti vjerojatnost uspjeha ili potrebni resursi.
- Učeći agenti: ovi agenti imaju sposobnost postepenog poboljšanja i znanja o okolini tijekom vremena kroz dodatni element učenja. Element učenja koristit će povratne informacije, da bi odredio kako bi se elementi učinkovitosti trebali mijenjati da bi se postupno poboljšavali.

Najbolji primjer inteligentnih agenata je program koji je razvio Apple, program se zove Siri. Siri je osobni asistent za iOS, macOS, tvOS i watchOS uređaje koji koriste prepoznavanje glasa i pokretan je umjetnom inteligencijom. Siri odgovara na postavljena pitanja korisnika, govoreći kroz zvučnike uređaja i prezentirajući informacije na početni zaslon iz određenih aplikacija, npr. web-pretraživač ili kalendar. Usluga također korisnicima omogućuje diktiranje e-pošte i tekstualnih poruka, čitanje primljenih poruka i obavljanje raznih drugih zadataka.

Slika 2. „Siri“ aplikacija (čeka da joj se postavi pitanje)[3]

[3] Preuzeto sa 01.02.2023 sa: https://thenextweb.com/news/forget-siri-heres-how-to-use-google-assistant-on-your-iphone-or-ipad

4. Umjetna inteligencija u edukaciji

Umjetna inteligencija danas se može pronaći u gotovo svakoj tehnologiji i aktivnostima. Toliko je rasprostranjena da ju se uzima zdravo za gotovo i koristi bez razmišljanja. Umjetnu inteligenciju možemo pronaći na brojnim mjestima, npr. kao sastavni dio automobila koji funkcioniraju bez vozača, a i ugrađuje se u dronove koji u skladištima tvrtke Amazon omogućavaju neposredni kontakt sa zaposlenicima u svrhu ubrzanja procesa primanja, pakiranja i slanja paketa. Nadalje, umjetna inteligencija svoju primjenu nalazi i u pametnim mobilnim uređajima, npr. u ugrađenoj kameri na način da vrši prepoznavanje lica i ljudskih osmijeha. Koristi se i u GPS sustavima, u obliku digitalnih pomoćnika u pametnim uređajima, kao npr. Siri, Cortana i sl. koji su sposobni izvršavati naredbe korisnika ili davati odgovore na upite. Osim što je umjetna inteligencija prisutna u svakodnevnim životnim aktivnostima, osoba koje posjeduju pametan uređaj, a njihov broj je, prema O'Deinom istraživanju koje je provedeno od 2016. do 2019. godine, iznosio gotovo 50% cjelokupne svjetske populacije, tako je posljedično našla svoju primjenu i u obrazovnom sustavu. O'Deino istraživanje pokazuje kontinuirani rast broja korisnika pametnih mobilnih uređaja. Iz istraživanja koje je provela tvrtka Markets And Markets17 vidljivo je da će investicije u umjetnu inteligenciju u edukaciji porasti na 3.7 milijardi dolara do 2023. u odnosu na 537.3 milijuna dolara koliko su iste iznosile 2018. godine. Takav porast, od gotovo 700%, dobar je pokazatelj u kojem smjeru ide umjetna inteligencija u obrazovnom sustavu. S većim brojem investicija i većom zainteresiranosti ona će postati jača, bolja i pametnija te će kroz godine privući druge brojne investitore i znanstvenike. Umjetna inteligencija u edukaciji usmjerena je na istraživanje razvijanja i evaluacije računalnog softvera, kojem je namjena da poboljša predavanje i učenje. Ciljevi implementacije umjetne inteligencije u edukaciji su da se interpretiraju kompleksni studentski odgovori i da se nauči na koji način studenti djeluju, da se razumije zašto neki studenti pokazuju slabije rezultate te da se na temelju ostvarenih rezultata tijekom studiranja pruži studentima pomoć, u obliku natuknica ili simuliranja ponašanja ljudskog predavača (Woolf, P.B. 2015). Još jedan cilj je da se tehnike umjetne inteligencije iskoriste kako bi se bolje razumio proces 17 Najveća tvrtka na svijetu koja se bavi utjecajem prihoda. 11 učenja i poučavanja, kako bi se doprinijelo tim procesima te ih se učinilo što djelotvornijima i boljima (Woolf, P.B., 2015). Tehnologija ne može samostalno utjecati na edukacijski sustav, već je potrebna suradnja između tehnologije i nastavnika, kako bi se ostvarili najbolji mogući rezultati (Woolf, P.B. 2015). Tehnologija ne predstavlja problem ili prijetnju edukativnom sustavu i nastavničkoj profesiji, ona je tu da ponudi moguća rješenja na određene probleme i pitanja, a najbolji će rezultati, kako je Woolf navela u svom članku, proizaći iz suradnje tehnologije i nastavnika. Mnoge sastavnice inteligentnih nastavnih sustava svoj početak mogu naći u umjetnoj inteligenciji. U trenutku kada se te sastavnice počnu pojavljivati kao sastavnice u većim sustavima, one se prestaju smatrati umjetnom inteligencijom i jednostavno se zaboravlja da su ikada bili dio ili potekli od nje (Woolf, P.B., 2015). Tako Nick Bostrom18 objašnjava: „Mnogo se vrhunskih umjetnih inteligencija implementiralo u opće programe, često bez da se nazivaju umjetnim inteligencijama, jer kada nešto postane korisno i dovoljno često, više se ne označava kao umjetna inteligencija“ (Woolf, P.B., 2015).

4.1. Primjena umjetne inteligencije

Umjetna se inteligencija koristi gotovo u svim područjima današnjice. Prisutnost iste dovela je do značajnih ekonomskih i društvenih promjena. Primjer pozitivnoga utjecaja umjetne inteligencije kako bi se postigle društvene promjene jest grupa studenata sveučilišta u Južnoj Karolini koja je umjetnu inteligenciju iskoristila kako bi istaknula problem velikoga broja beskućnika. Nadalje, istraživači na Stanfordu koriste umjetnu inteligenciju za analizu satelitskih fotografija kako bi došli do saznanja koja su područja najsiromašnija te kako bi postigli promjenu nabolje. (Marr, 2020) 9

4.2. Primjena umjetne inteligencije u zdravstvu

Digitalizacija podataka o zdravstvenoj skrbi te povećanje broja pacijenata zainteresiranih za personaliziranu i virtualnu skrb dovode do narušavanja načina pružanja zdravstvene zaštite kakvu danas poznajemo. U međuvremenu, zdravstveni su sustavi opterećeni poplavom novih, bogatih izvora podataka poput genetskih i slikovnih podataka, podataka s medicinskih uređaja te podataka s društvenih mreža. Zdravstvene organizacije moraju prilagoditi način na koji koriste i dijele podatke kako bi ublažile pritisak na zdravstvene sustave i poboljšale donošenje medicinskih odluka kako bi se osiguralo veće zadovoljstvo pacijenata te bolji rezultati. Mogućnosti umjetne inteligencije poput strojnog učenja, računalnog vida, obrade prirodnoga jezika te predviđanja i optimizacije mogu iskoristiti puni potencijal podataka za poboljšanje zdravlja stanovništva i rješavanje nekih od najvećih zdravstvenih izazova. Ova potrebna evolucija omogućit će zdravstvenim ustanovama da poboljšaju ishode liječenja pacijenata tako što se liječnicima omogućuje preciznija dijagnostika te samim time i lakši pronalazak adekvatne terapije. Nadalje, zdravstvenim je ustanovama olakšana kontrola troškova; poboljšanje operativne performanse bolnica optimiziranjem resursa za osoblje.

Slika-3: X-zraka ruke s automatskim izračunavanjem koštane dobi[4]

Za potrebu zdravstva nastoje se razviti razni strojevi umjetne inteligencije. Neki od istih jesu; stroj za analizu zvuka srca, roboti koji bi se skrbili za stare i nemoćne, računalne konzultacije te slično. Osiguravanje da pacijenti imaju najviše koristi od naleta zdravstvene tehnologije s umjetnom inteligencijom ostat će ključni izazov u godinama koje dolaze, a novi pristupi u medicinskom obrazovanju koji poboljšavaju digitalnu pismenost liječnika i bolje integriraju stavove pacijenata bit će presudni . To je najpotrebnije jer transformacije vođene umjetnom inteligencijom uključuju prevladavanje prethodno prihvaćenih modela obično polaganog i postupnog procesa stvaranja zlatnih standarda utemeljenih na dokazima za kliničku praksu. To zauzvrat znači da su želje pacijenata presudna mjera za predviđanje kako tehnologije umjetne inteligencije pridonose njihovom zdravlju i dobrobiti. (Rampton, et al., 2020) Kao problem primjene umjetne inteligencije u zdravstvu veoma je važno navesti nedostatak transparentnosti te nemogućnost osjećaja empatije u strojeva. Velika većina strojeva umjetne inteligencije nije sposobna interpretirati ljudske reakcije te govor tijela na ispravan način. Ukoliko je pacijentu dijagnosticiran teži oblik neke bolesti, on neće htjeti biti informiran o tome izravno, već će u liječniku tražiti utjehu i podršku, što od robota ne može dobiti. Nadalje, htjeti će znati zašto te na koji način se razbolio, za što ponovo postoji mogućnost da robot neće znati detaljno

[4] Preuzeto sa 02.02.2023 sa: https://Xray_of_a_hand_with_automatic_bone_age_calculation.jpg

objasniti. Budući da ne postoji garancija kako će robot biti u pravu i donijeti ispravnu dijagnozu, teško se pouzdati u njega te u potpunosti vjerovati izračunima istoga što dovodi do nemogućnosti stopostotne digitalizacije zdravstva. Ukoliko se umjetna inteligencija bude većinski primjenjivala u zdravstvu, uvijek će odgovornost kontroliranja i provjere dijagnoze morati biti na čovjeku, točnije liječniku. (Davenport & Kalakota, 2019) Jedan od problema u zdravstvu je što većina starijih osoba ne razumije tehnologiju te samim time ne bi prihvatili umjetnu inteligenciju, odnosno da nemaju liječnika koji ih savjetuje i daje im dijagnozu. Nadalje, ljudi stare te samim time kada bolnica ima najboljeg kirurga ili liječnika u nekom području, ona mora biti svjesna kako će se jednoga dana isti umiroviti i neće obavljati svoj posao. Kod umjetne inteligencije to ne bi bilo slučaj jer ona ne stari, odnosno ukoliko zastari postoji mogućnost da se obnovi, a drugog talentiranog liječnika je teško pronaći. Nadalje, problem čini i sama cijena tehnologije. Budući da je skupa, za istu je potreban kapital koji bi se isplatio kroz više godina. Liječnici bi gubili poslove iz razloga što bi jedan robot mogao odraditi posao više liječnika i samim time bi jedan liječnik bio dovoljan za kontrolu tih uređaja.

4.3.Primjena umjetne inteligencije u maloprodaji

Mobilni uređaji, društveno umrežavanje te razni drugi oblici tehnologije promijenili su ponašanje kupaca te se trgovci moraju preusmjeriti u skladu s time. Kupci mogu brzo istražiti proizvode i usporediti cijene putem interneta, a trgovci moraju biti spremni odgovoriti na relevantne ponude, konkurentne cijene i odgovarajuću robu. To znači da prelazite proračunske tablice, koristeći podatke iz svakog zamislivog izvora da biste razumjeli odnos kupca s vašom markom kako biste mogli utjecati na to u stvarnom vremenu. Također, trgovci se susreću s raznim izazovima vezanih uz ponudu njihova poslovanja. U nastojanju da podrže jedinstvenu trgovinu, mreže opskrbnih lanaca postaju sve složenije i brže, pa ih je gotovo nemoguće pratiti ili optimizirati. Razne velike kompanije već su digitalizirale načine poslovanja svojih trgovina. Putem iPada te sličnih uređaja brzo i jednostavno mogu pratiti stanje robe u svojim trgovinama. Uvid u stanje robe također im govori je li određena roba izložena ili je uskladištena. Budući da je pronalazak određenoga artikla često zahtjevan zadatak, trgovine tekstilom započele su s ugradnjom lokatora u alarme kako bi se određeni artikl lakše pronašao.

4.4. Primjena umjetne inteligencije u bankarstvu

Promjena zahtjeva za usklađenost s propisima i preusmjeravanje zahtjeva klijenata znače da opstanak banke ovisi o njenoj sposobnosti da iz svih dostupnih podataka stekne relevantan uvid. Nadalje, učinkovito korištenje podataka je presudno za rješavanje mnogih problema s kojima se današnje banke suočavaju - borba protiv prevara i financijskih kriminala, upravljanje kreditnim i regulatornim rizikom, poboljšanje korisničkog iskustva i prikupljanje dovoljnoga kapitala. Partnerstvo između ljudi i strojeva najviše obećava za uspješno postizanje usklađenosti i ispunjavanje potreba klijenata, ali znati gdje i kako započeti nije uvijek jednostavno. Od prevare preko kredita do rizika za kupčevo iskustvo, umjetna inteligencija može poboljšati brzinu, preciznost i učinkovitost, što rezultira odgovornijom, profitabilnijom bankom. Pomoću ugrađenih UI alata omogućeno je spajanje podataka iz svih izvora, pružajući točan prikaz mogućnosti korisnika. Također, time je omogućena i optimizacija 12 informacija o korisniku kako bi se maksimizirao angažman i omogućilo odlučivanje u stvarnom vremenu. Nadalje, korištenje umjetne inteligencije i tehnike strojnoga učenja pomaže pri utvrđivanju koje će vrste bankarskih transakcija vjerojatno biti lažne. Umjetna inteligencija, uključujući prilagodljivo strojno učenje i inteligentne agente bez nadzora, može predvidjeti nepoštene transakcije u stvarnome vremenu te time smanjiti lažne pozitivne rezultate na temelju promjena i nedosljednosti u obrascima ponašanja kupaca. Smanjenje lažnih pozitivnih rezultata povećava zadovoljstvo kupaca, štiti prihode i smanjuje troškove. Umjetna inteligencija u bankarstvu također je omogućila da ukoliko se potencijalni klijent prijavi za kredit ili kreditnu karticu,

korištenjem UI za analizu alternativnih izvora podataka poput plaćanja komunalnih usluga, upotrebe mobilnih telefona i aktivnosti slanja tekstualnih poruka, odluka o odobrenju kredita brža je i preciznija.

4.5.Automobili koji se sami voze

Zahvaljujući razvoju veštačke inteligencije i LiDAR tehnologije, automobili koji se sami voze su sada **stvarnost**. Neka marketinška istraživanja predviđaju da će do 2040. godine na putevima biti više od 33 miliona automobila koji se sami voze – bez obzira na probleme u lancu snabdevanja.

Slika 4. Automobili koji se sami voze

Automobili koji se sami voze koriste **niz senzora** koji su pozicionirani oko celog vozila. Senzori primaju na hiljade podataka u realnom vremenu u roku od jedne milisekunde. Neki podaci uključuju brzinu automobila, uslove na putu, pozicije pešaka, linije na putu i druge pozicije automobila. Veštačka inteligencija pomaže u **tumačenju podataka i izvođenju mehaničkih reakcija** u roku od nekoliko milisekundi da bi se izbegli sudari i kršenje zakona o motornim vozilima.

Tehnologija veštačke inteligencije za automobile koji se sami voze je još u povoju, ali budućnost obećava – nova otkrića mogu dovesti do sasvim autonomnih ličnih vozila.

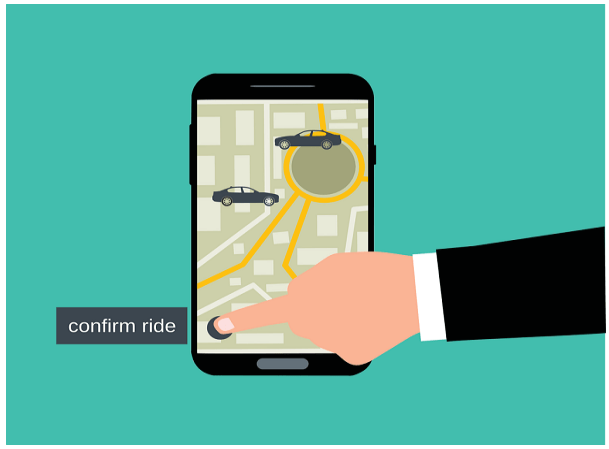
4.6. Finansije

Finansijska industrija se oslanja na **izveštavanje** u realnom vremenu koje je tačno i na **obradu** kvantitativnih podataka. Postoji li bolje mesto za veštačku inteligenciju od oblasti u kojoj ljudi u roku od nekoliko sekundi koriste i analiziraju podatke i reaguju na njih?

Finansijski sektor koristi botove za ćaskanje, adaptivnu inteligenciju, algoritmičko trgovanje i mašinsko učenje kako bi pomogao investitorima da ostanu na pravom putu sa trgovanjem, štednjom i prodajom. Veštačka inteligencija koristi podatke prikupljene od finansijskih tržišta da bi predvidela **najbolju** kupovinu akcija ili portfolija.

4.7. Transport i putovanja

Kompanija Uber je jedna od mnogih koje koriste veštačku inteligenciju kako bi ljudima **pomogle** da dođu od tačke A do tačke B bez čekanja operatera centrale.



Slika 5. Mobilne aplikacije za transport i putovanje

Većina ljudi pravi turističke aranžmane na mobilnim telefonima, pa kompanije počinju da maksimalno koriste **upotrebu mobilnih telefona**. Moderne putničke agencije sada postoje u digitalnom prostoru na mreži. Zahvaljujući veštačkoj inteligenciji, botovi za ćaskanje i virtuelni asistenti pomažu korisnicima da isplaniraju putovanja širom sveta sa nekoliko klikova i tekstualnih uputstava.

4. 8. Društveni mediji

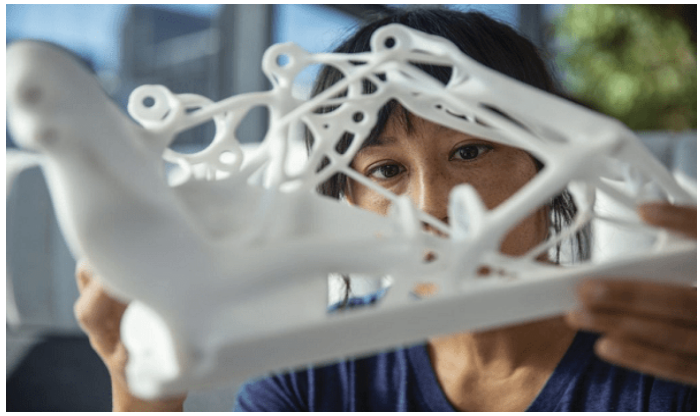
Društveni mediji su značajno porasli tokom protekle decenije, uporedo sa povećanom upotrebom pametnih telefona i prenosnih uređaja.

Na društvenim mrežama Facebook, Snapchat, Twitter i Instagram postoji više od **2 milijarde** aktivnih profila. Veštačka inteligencija upravlja botovima za ćaskanje i pruža korisnicima **relevantne postove** zasnovane na istoriji njihovih pretraživanja.

S obzirom na priliv obmanjujućih informacija putem različitih društvenih platformi, moguće je da će veštačka inteligencija još više pomagati u budućnosti.

4.9. Generativni dizajn

Generativni dizajn u softveru **Fusion 360** koristi tehnologiju veštačke inteligencije da proizvede **alternativne verzije dizajna** visokih performansi iz samo jedine dizajnerske ideje.



Slika 6. Generativni dizajn

Generativni dizajn prikuplja ulazne podatke – prostorne zahteve, materijale, proizvodne metode i ograničenja troškova – koji su potrebni inženjeru da bi stvorio na stotine izvodljivih alternativa originalnog dizajna. Veštačka inteligencija sprovodi testove i uči od uspešnih i neuspešnih ponavljanja i konačno stvara opcije dizajna koje vam nisu pale na pamet.

Veštačka inteligencija i njeno istraživanje već uveliko postoje i nastaviće da **poboljšavaju tehnologiju** koju već poznajemo i volimo. Postoji mnogo drugih primena veštačke inteligencije, kao što su prepoznavanje, prepoznavanje lica, obrada prirodnog govora, prepoznavanje govora i borbena obuka u video-igrama.

Isprobajte generativni dizajn u softveru Fusion 360 kako biste iskusili veštačkom inteligencijom vođeni CAD.

5. Kako se UI može integrisati u obrazovanje

Mnogo je obećavajućih uporaba UI-a koje nagovješćuju kako bi mogao promijeniti obrazovanje u sljedećim desetljećima. UI može prilagoditi učenje, pružiti učenicima kontinuiranu procjenu i povratne informacije te primjenjivati analitiku učenja kako bi se razlikovao postupak učenja, tako da je prilagođen pojedinačnim potrebama učenika u stvarnom vremenu (UNESCO, 2020.). UI je već pokazao veliki potencijal za potporu učenicima s posebnim potrebama na način da reagira na njihove potrebe. Druge obećavajuće uporabe UI-a uključuju procjenu novih skupova vještina i prediktivne analize za smanjenje ranog napuštanja školovanja (OECD), kao i poboljšano metaznanje i učinkovito kolaborativno učenje. Podrška za kolaborativno učenje pomoću UI-a obuhvaća prilagodljivo formiranje skupine, stručnu facilitaciju, virtualne agente i inteligentnu moderaciju kako bi se formirala skupina koja je najprikladnija za određeni kolaborativni zadatak (Luckin, Holmes).
Ovaj grafički prikaz uključuje neka rješenja koja UI može donijeti obrazovanju:

5.1. Kako se UI može primjenjivati u učionici?

Postoje tri pristupa provođenju UI-a u učionici, ovisno o ciljevima učenja:

- **Učenje s UI-om**, drugim riječima, **integracija tehnologija UI-a u učionicu kako bi se poboljšalo učenje učenika i nastava**. Iako se alati i tehnologije UI-a prvenstveno izrađuju za poduzeća i industrije, već postoje brojni alati UI-a dostupni nastavnicima koji žele koristiti UI za poboljšanje učenja učenika. Neki primjeri alata koji se mogu koristiti u učionicama STEM-a su PhotoMath, besplatna aplikacija za podučavanje matematike iz UI-a i Seek by iNaturalist, aplikacija kojom se pomaže identificirati vrste na fotografijama. U nastavi jezika može se koristiti Stih po stih, gdje učenici mogu napisati pjesmu uz pomoć UI-a i učiti o američkim pjesnicima te Duolingo, za učenje stranih jezika. Na nastavi društvenih znanosti i umjetnosti može se koristiti Navigator za novine, alat za pretraživanje milijuna povijesnih novinskih fotografija i **MuseNet**, za istraživanje i stvaranje glazbe. Alati kao što su **Socratic** i **Brainly** mogu se koristiti za sve predmete.

- **Učenje za UI**, to jest, stjecanje novih vještina potrebnih za život i rad u svijetu UI-a. Kako bi **otključali potencijal UI-a** i nosili se s izazovima u svijetu UI-a, učenici trebaju biti opremljeni vještinama računalnog razmišljanja i rješavanja problema, kao i vještinama kodiranja i podatkovne pismenosti. Tjedan koda može nastavnicima pružiti veliki izbor nastavnih resursa i resursa za učenje.
- **Učenje UI-a**, ili primjena vještina povezanih s UI-om za učinkovito korištenje UI-a i izgradnju novih alata i tehnologija UI-a. Učinkovita i odgovarajuća uporaba postojećih sustava UI-a može, na primjer, uključivati učenje korištenja sustava UI-a pohađanjem MOOC-a Osnove UI-a za škole.

5.2. Koja je uloga umjetne inteligencije u obrazovanju?

Prije nego započnemo raspravu o ulozi umjetne inteligencije u obrazovanju [8], potrebno je analizirati obrazovni proces i pronaći one elemente koji bi se mogli poboljšati ili ubrzati ili ukloniti. Kao i u svakom poslu/zanimanju, pa tako i u obrazovanju, postoje dosadne aktivnosti koje nisu središnji dio nastave ali su važne za obrazovanje, a to su: ispravljanje domaćih zadaća ili ispita, vođenje evidencije o dolasku na nastavu, izrada bilješki o lekcijama, izrada izvješća učenika ili priprema ispitnih pitanja. Tehnologija i računala pomogle su i olakšale neke dijelove zamornog rada poput pripreme nastavnih materijala u PowerPointu ili sličnih aktivnosti koje su vrlo česte i često se ponavljaju. No, u isto vrijeme tehnologija je donijela i nove izazove pa studenti, na primjer, na internetu mogu pronaći već gotove, napisane eseje ili seminarske radove. On ih kopiraju ili prepisuju i predaju kao svoje. U moru informacija koje su dostupne na Internetu, edukatorima/učiteljima je teško svaki put otkriti razliku između izvornog djela ili plagijata , no umjetna inteligencija može identificirati ne samo identične kopije, već i razlikovati pravilno navedene citate i izvore izmijenjene kopije izvornih djela. Jedan dio umjetne inteligencije pokriva područje takozvanih kognitivnih servisa [koje, na primjer, mogu napisati tekstualnu bilješku predavanja temeljenu na video analizi predavanja u stvarnom vremenu. Softver poput Microsoft Video Indexer može opisati što se događalo u tom videu i zapisati bilješke o toj lekciji posebno za to predavanje. Umjetna inteligencija može lako prebrojiti prisutne učenike/polaznike, pripremiti ispit na temelju niza pitanja koja je pripremio učitelj, kao i pomoći u ocjenjivanju, bilo da se radi o pitanjima temeljenim na a-b-c odgovorima ili esejima.

5.3. Kako koristiti umjetnu inteligenciju u obrazovanju kako bi postigli više?

Jedno je riješiti se dosadnih i ponavljajućih poslova, ali postići višu razinu u obrazovanju, tj. temeljnoj djelatnosti - poučavanje i mentorstvo - nešto je potpuno drugo. Svaki edukator/učitelj želi najbolji mogući način prenošenja znanja, vještina i iskustva na svoje učenike ali to nije ni lak niti jednostavan posao osobito u današnje vrijeme. Kako bi svaki učenik postigao svoj maksimum, potreban je personaliziran pristup učenju. Naše mišljenje je da je najvažnija uloga umjetne inteligencije pomoći edukatoru/učitelju da dobije informacije o tome kako učenik razmišlja i koji oblik učenja mu/joj najbolje odgovara. Računala mogu istovremeno raditi s velikom količinom informacija, ali samo umjetna inteligencija može razumjeti što te informacije predstavljaju u kontekstu obrazovanja ili poučavanja.

5.4. Kako umjetna inteligencija može poboljšati način poučavanja i učenja?

Kao što smo naveli u uvodu, jedan od izazova u učenju na daljinu je nedostatak osobne podrške i ljudske intervencije . Gotovo je nemoguće edukatoru/učitelju biti u kontaktu sa svakim učenikom kada se radi o velikom broju učenika. Teško je i dogovoriti komunikaciju 1:1 kada učenici uče u različito vrijeme ili čak u različitim vremenskim zonama. U takvim slučajevima umjetna inteligencija može pomoći u poboljšanju iskustva učenja na daljinu služeći kao “bot-mentor”, koji komunicira s učenikom, ne samo verbalno, već i pomoću kamere za prepoznavanje neverbalne komunikacije učenika. Iako već postoji nekoliko rješenja za botove koji podržavaju verbalnu komunikaciju, neverbalna komunikacija je manje istražena. Često se zaboravlja da neverbalna komunikacija čini, ovisno o izvoru, 65-85 posto ukupne komunikacije. Knapp i Hall tvrde da neverbalna komunikacija čini 65 posto interakcije među ljudima, dok Grant i Hennings tvrde da je 82 posto komunikacije nastavnika neverbalna komunikacija. Ovo je posebno važno kod vrlo male djece ili osoba koje uče strani jezik i često se koristi kada osoba ne može pronaći pravu riječ ili bi htjela ukazati na određenu činjenicu. S druge strane, 1967. godine, na temelju znanstvenih studija, jedan od autoriteta na području verbalne i neverbalne komunikacije emeritus Albert Mehrabian profesor psihologije na

Sveučilištu California u Los Angelesu (UCLA) postavio je pravilo 7-38-55, što znači da je za komunikaciju važnost izgovorene riječi 7 posto, kako se ta riječ izgovara (glasno, tiho, oštro itd.) 38 posto, a izraz lica 55 posto. Iako je to bio jednostavan eksperiment, koji možda nije u potpunosti primjenjiv u svakodnevnoj komunikaciji, ipak je pružio dobru osnovu za sve kasnije analize i istraživanja. Umjetna inteligencija može pomoći u kontinuiranom praćenju i analiziranju tog dijela neverbalne komunikacije tijekom obrazovnog procesa, bez obzira na to jesu li edukator/učitelj i učenici na istom mjestu ili se radi o učenju na daljinu. Rezultat ove analize može pomoći edukatorima/učiteljima da bolje razumiju kako se obratiti svojim učenicima ili dopustiti stvaranje virtualnih učitelja kroz nova korisnička sučelja računala koja koriste neverbalnu komunikaciju, te podatke o spolu i dobnoj skupini učenika za stvaranje konteksta komunikacije koji može biti verbalan, glasovan ili tekstualan. Druga uporaba umjetne inteligencije, točnije primjena deep learning-a područja računalnog vida koja se zove Generative Adversarial Networks (GAN) je generiranje vrlo realističnog videa umjetnog ljudskog lica koji pomaže u neverbalnom načinu rada u komunikaciji s učenikom/čovjekom. Ljudima je vrlo važno vidjeti lice osobe s kojom razgovaraju. To generirano lice može biti lice edukatora/učitelja ili potpuno novo, računalo generirano lice . S druge strane, kao što smo već spomenuli, jedan od čimbenika uspjeha je fleksibilnost koja nam omogućava da pogriješimo i trenutno dobijemo povratnu informaciju. S obzirom na činjenicu da umjetna inteligencija, zahvaljujući velikoj procesorskoj snazi, u kratkom vremenu može obraditi veliku količinu informacija i brzo donositi manje ili više složene odluke, lako se prilagođavajući novim situacijama, umjetnoj inteligenciji nije problem oponašati mentora čovjeka koji je usredotočen samo na jednog učenika i stoga pomaže u personalizaciji učenja i prilagođavanju osobnim potrebama svakog učenika. Umjetna inteligencija omogućuje i stvaranje slika takozvane povratne veze koja daje edukatoru/učitelju informacije o tome koliko je učenika razumjelo prezentirani sadržaj ili o tome je li učenik/-ca postigao/-la svoj cilj, bez obzira na to da li on/ona vide učitelji.

6. Primjeri inteligentnih sistema za poučavanje

WhaleWatch je inteligentni sistem za poučavanje, napravljen od strane Beal Beck Wolf i suradnika, i specifično je dizajniran kako bi budućim generacijama koje se namjeravaju obrazovati u STEM području, pogotovo u matematici i inženjerstvu, približio matematiku. Sustav je dizajniran za podučavanje razlomaka (Beal, Beck Wolf, 1998). Ovaj inteligentni sustav za poučavanje se dinamički ažurira kako bi pratio potrebe i napredak tj. zaostatke studenata. WhaleWatch odabire probleme koji odgovaraju po težini učenicima, te na temelju prikupljenih podataka o uspješnosti ili neuspješnosti pruža pomoć i daje upute. S obzirom na to da je sustav razvijen prije više od dva desetljeća, uvelike je bio baziran na tome da učenicama približi matematiku i inženjerstvo jer su tadašnja istraživanja pokazala da je manje vjerojatno da se učenice opredijele za STEM područje (Beal, Beck Wolf, 1998). WhaleWatch je dobio ime po primjeru koji se koristio pri podučavanju razlomaka, tj. rješavanje razlomaka se postavilo u kontekstu da je student biolog koji nastoji spasiti ugroženu vrstu kitova tj. Right Whalea. Ovakav je primjer iskorišten jer su autori sustava smatrali kako će time razviti veći interes za matematiku kod studentica. WhaleWatch je zamišljen tako da studentu ponudi određeni zadatak. Ako student riješi zadatak bez problema, prelazi na teži, ali ako 2 puta za redom unese pogrešan odgovor sustav će pitati „želite li vidjeti primjer?“. U slučaju da student odgovori da želi, sustav će studentu pustiti kratak video u kojem prikazuje postupak rješavanja. Ako student ne razumije ključan koncept, onda će sustav sa studentom prolaziti korak po korak kroz zadatak sa sve detaljnijim objašnjenjima u slučaju da je potrebno.

eTeacher, inteligentni sostem za podučavanje razvijen od strane Schiaffino, Garcie i Amandia, nudi individualni pristup podučavanju, odnosno adaptira se prema potrebama studenata kako

bi im olakšao usvajanje znanja i doprinio boljem i kvalitetnijem izvođenju nastave. Ovakvi tipovi sustava uče kako njihovi korisnici funkcioniraju, koje su njihove preference, navike i interesi, te na temelju prikupljenih informacija daju svakom studentu proaktivnu, personaliziranu pomoć (Schiaffino, Garcia, Amandi 2008). Način na koji eTeacher funkcionira je da prvo napravi profil studenta koji je većinom baziran oko stila učenja studenta. Takav model raspoređuje studente prema tome gdje se uklapaju na nekoliko ljestvica, koje su indikator kako student prima i obrađuje informacije (Schiaffino, Garcia, Amandi 2008). Vrlo je bitno da se ostvari individualni pristup na ovoj razini, jer su svi studenti različiti, neki usvajaju znanje brže a neki sporije, neki studenti preferiraju kompleksne i apstraktne zadatke, dok drugi preferiraju koncizne. Kako bi svi mogli učiti i pratiti gradivo približno jednakom brzinom, gradivo tj. način na koji se gradivo predstavlja mora biti prilagođen svakom studentu posebno, a s obzirom na to da se nerijetko radi o velikom broju studenata, sustav mora biti optimiziran popratiti potrebe svih studenata.. Student koristi sustav eTeacher koji zatim prikuplja informacije i asistira studentu u rješavanju problema. Student daje povratne informacije sustavu, kroz rad na nekom problemu, koji zatim koristi te informacije kako bi stvorio profil studenta u svrhu približavanja individualnom modelu poučavanja.

Algebra Tutor, odnosno PAT (PUMP 23Algebra Tutor) je inteligentni sustav za poučavanje, razvijen sredinom devedesetih godina od strane Koedingera, Andersona, Hadleya i Mark. Sustav je implementiran u školi u Pittsburghu, gdje se pokazao vrlo efikasnim. Naime, učenici koji su sudjelovali u program, koji je bio baziran oko PAT kurikuluma, ostvarili su 15% bolje rezultate na standardiziranim testovima nego što su njihovi vršnjaci koji su bili dio standardnog kurikuluma (Koedinger, Anderson, Hadley i sur. 1997). Sustav je koncipiran tako da nastavnici matematike surađuju sa sustavom, kako bi matematičke zadatke učinili pristupačnijima svojim Pittsburgh Urban Mathematics Project 25 učenicima. Sustav umjesto tradicionalnog načina predstavljanja zadataka, zadatke daje kroz simulacije stvarnoga svijeta kao način da se matematika učini značajnijom i da se pokaže njena primjena u „stvarnom svijetu“ (Koedinger, Anderson, Hadley i sur. 1997). Učenici rade na malim projektima, poput toga da uspoređuju kojim intenzitetom raste drveće u Americi i kojom brzinom se sječe, te im se postavljaju pitanja poput „kada će sve drveće koje je do tog trenutka izraslo nestati?“ (Koedinger, Anderson, Hadley i sur. 1997). Osim što sustav nudi novi način rješavanja problema i razmišljanja, služi i za razvijanje moralne svijesti kod učenika, potiče ih da razmišljanju o planeti i kako ju očuvati za buduće generacije.

Smart Tutor, inteligentni sistem za poučavanje implementiran za poučavanje na daljinu u Hong Kongu, razvijen na School of Professional and Continuing Education24, The University of Hong Kong25 (HKU SPACE). Ovaj inteligentni sustav za poučavanje, napravljen je kako bi omogućio tečajeve starijim studentima i onima koji nisu studenti, a danas ima preko 30 000 korisnika. Pruža cjeloživotno učenje kako bi omogućilo ljudima da prate svoje interese i da se razvijaju i treniraju u području vlastitih interesa (Cheung, Hui, Zhang i sur. 2002). Smart Tutor je sastavljen od šest komponenata: voditelj tečaja, baza pitanja, studentski model, struktura sadržaja, stručni model i korisničko sučelje (Cheung, Hui, Zhang i sur. 2002). Zadatak voditelja tečaja je da koordinira ostale komponente kako bi funkcionirale bolje, struktura sadržaja održava odnos između sadržaja predmeta što omogućava voditelju tečaja da kreira individualne strukturne mape za studente kako bi svaki imao individualni pristup poučavanju. Za razliku od drugih inteligentnih sustava za poučavanje, ovaj je primjenjiv na više znanstvenih područja i pruža obrazovanje i starijim generacijama koje žele nastaviti svoje učenje. S obzirom na to da je cjeloživotno učenje neizostavni dio života, ovakav sustav nudi brojne mogućnosti i otvara mnoga vrata budućim generacijama, kako bi mogli nastaviti raditi efikasno u novom razdoblju koje se konstantno mijenja, adaptirajući se na promjene koje u 21. stoljeću postaju sve brže i češće.

7. Zaključak

Umjetna inteligencija je od samih njenih početka bila interesantno područje sa stalnim i brzim promjenama. Od Turinga, McCarthyja, Samuela i ostalih pionira pa sve do danas ulaganje u umjetnu inteligenciju, bilo to novčano ili radnom snagom, nije prestalo. Očiti je trend u kojem se kreće, ali za sada nije moguće predvidjeti smjer. Izvjesno je da razvoj umjetne inteligencije nema kraja, a kako sada stvari stoje, čini se da je ona još uvijek u svojoj početnoj fazi. Velike tvrtke su prepoznale vrijednost umjetne inteligencije, što je vidljivo iz brzo rastućeg ulaganja u tu tehnologiju, bilo da je to ulaganje novaca ili akvizicija od strane velikih tvrtki. U sklopu ovog rada provedena je i anketa u kojoj su studenti ispitani o stajalištu prema umjetnoj inteligenciji i o njihovoj razini korištenja. Anketa je pokazala kako veći dio studenata vjeruje u tu tehnologiju i spreman je na promjene koje bi došle s njenom implementacijom u obrazovni sustav. Iako je broj studenata koji je sudjelovao u anketi relativno mali, iz tog uzorka se može zaključiti kako se ne protive uvođenju nove tehnologije, ali i da nisu najsigurniji što misle kada je u pitanju umjetna inteligencija, bilo da je to zbog nezainteresiranosti ili nedostatka informacija. Inteligentni sustavi za poučavanje koji bi bili izvrstan dodatak u obrazovanju, tj. u nastavi, nisu koncipirani tako da zamijene nastavnike, već da im budu korisno pomagalo u izvođenju nastavu, kako bi se sama nastava učinila boljom i pristupačnijom.

8. Literatura

[1] A.Tokić Modelovanje i simulacije kontinulanih i diskretnih sistema . Modelovanje i simulacije, FET Tuzla , 2010, 6, 191 - 204.

[2] Z. Stanimaković. Nelinearno programiranje- naucna knjiga Beograd. Nelinearno programiranje ,2004, pp. 31–50.

[3] M.M-Dedijer Zbirka zadataka iz numeričke analize . Numerička analiza , 199, pp 104-191.

[4] E. Čajić, Z.Stojanović Matematičlo modelovanje nastavnog procesa, http://alas.matf.bg.ac.rs/~konferencija/s2019/zvzedanradelvir.pdf 2019 PMF Beograd.

[5] Belkin, D. (2019). Colleges Mine Data on Their Applicants, https://www.wsj.com/articles/the-data-colleges-collect-on-applicants-11548507602.

[6]. Beylo, B. (2020). Where We're Finding AI Investment Opportunities: Education, https://macro-ops.com/where-were-finding-ai-investment-opportunities-education/.

[7]. BootstrapLabs (2017) A Brief History of Artificial Intelligence, https://www.youtube.com/watch?v=056v4OxKwlI

[8]. Brendza M. (2017) Introduction to Artificial Intelligence, https://www.storyfit.com/blog/intro-to-ai

[9]. Bryant J., Heitz C., Sanghvi S. i sur. (2020). How artificial intelligence will impact K12 teachers,https://www.mckinsey.com/industries/public-and-social-sector/ourinsights/how-artificial-intelligence-will-impact-k-12-teachers .

[10] Pew Research Center, (2021)., Mobile Fact Sheet, https://www.pewresearch.org/internet/fact-sheet/mobile

Valentina Bozoki[1]

Stručni rad
UDK 7.051:677.074/.077

PAMETNI TEKSTILNI MATERIJALI: BUDUĆNOST KOJA JE VEĆ STIGLA

Apstrakt

U ovom radu je prikazan pametni tekstil, takođe poznat kao elektronski tekstil (e-tekstil), koji postaje današnja nova normalnost zbog njegove sve već primene u raznim privrednim granama. Pametne tkanine sadrže elektronske komponente i poboljšavaju karakteristike odeće, automobila i drugih proizvoda koji čine sadašnjicu. Oni su ili napravljeni kao proizvod na bazi tekstila ili su stvoreni sa namerom da budu integrisani u tekstil. Iz tog razloga ova vrsta tekstila ima veliki značaj u razvoju tehnologije u samoj tekstilnoj i modnoj industriji i njenoj daljoj primeni. Iako ova vrsta primene tehnologije deluje kao daleka budućnost, već je dosta stigla do nas sa primenom nanotehnologije, gde se pod nazivom *„pametna odeća“* razvijaju odevni predmeti različite primene.

Ključne reči: pametan tekstil, e-tekstil, tehnologija, tekstil, moda, nanotehnologija, pametna odeća

SMART TEXTILE MATERIALS: THE FUTURE WHICH HAS ALREADY ARRIVED

Abstract

In this paper has been presents smart textiles, also known as electronic textiles (e-textiles), which are becoming today's new normal due to their increasing application in various industries. Smart fabrics contain electronic components and improve the performance of clothes, cars and other products that make up the present. They are either made as a textile-based product or created with the intention of being integrated into the textile. For this reason, this type of textile is of great importance in the development of technology in the textile and fashion industry itself and its further application. Although this type of technology application seems like a distant future, it has already reached us quite a bit with the application of nanotechnology, where clothing items with different applications are being developed under the name of "smart clothing".

Key words: smart textile, e-textile, technology, textile, fashion, nanotechnology, smart clothes

[1] Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu, Univerzitet u Novom Sadu

1. UVOD

Možemo reći da je tekstil svuda – od odeće koju nosimo, automobila koje vozimo i nameštaja na kojim se nalazimo do puteva kojima putujemo, zavoja koje koristimo za lečenje gde je svaka tkanina pažljivo odabrana zbog svoje jedinstvene strukture i svojstava. Ali šta ako bi odeća koju nosimo mogla da prati naš otkucaj srca i prenese medicinska upozorenja našem lekaru? Ili ako zavoji koje zalepimo na kožu na mesto rane nisu samo pokrili tu ranu, već su zapravo lekovi za zarastanje? Sve je ovo moguće ali primenom pametnog tekstila. Pametni tekstil koji se naziva i elektronski tekstil, e-tekstil, pametna odeća i tkanine, ima ugrađenu digitalnu komponentu. To može biti baterija, LED dioda, elektronski čip ili senzor. Tehnologija je ugrađena u tkaninu kroz različite metode, kao što su provodna vlakna ili višeslojna 3D štampa. Oni su proizvedeni i dizajnirani da integrišu tehnologije koje korisnicima nude veću funkcionalnost. Svrha pametnih tkanina je da obezbede dodatnu vrednost korisniku, bilo zbog zadovoljstva, performansi ili bezbednosti. Oni se kreću od aplikacija do praćenja zdravlja, sigurnosti kao i načina života kroz senzore.

Pametne tkanine se mogu grupisati u dve obimne kategorije, a to su: estetiski pametni tekstil i tekstil za poboljšanje performansi. [1]

Estetski pametni tekstil je onaj koji koristi tehnologiju u modne i dizajnerske svrhe gde se stvaraju mogućnosti dodavanja multisenzornog iskustva, kroz osvetljenje, zvukove i tome slično kako bi se dobilo na estetskoj komponenti proizvoda kroz kreativnu primenu pametnog tekstila. Primeri uključuju patike koje svetle i tkanine koje menjaju boju sa toplotom tela. Tkanine usmerene na *poboljšanje performansi* pomažu ljudskim funkcijama, kontrolišu aspekte kao što su telesna temperatura, znojenje, otkucaji srca, disanje i tome slično gde se provlači i ergonosmka komponenta proizvoda. Primeri uključuju odeću koja može da reguliše telesnu temperaturu i tekstil koji štiti od različitih opasnosti kao što je na primer zračenje, vatra, voda itd.

Do sada je većina pametnih tkanina bila ograničena na specifične namene (uključujući medicinski, vojni i modni sektor) [1] dok danas njegova primena je daleko šira i kompleksnija iz razloga što je ranije vođen razvojem manjih elektronskih uređaja koji su jeftiniji za proizvodnju ali sa pojavom provodnih niti koje se mogu utkati u tkanine, otvorile su se nove mogućnosti i iz tog razloga se predviđa da će pametni tekstil stvoriti revoluciju na tržištu pametnih nosivih uređaja.

2. PRIMENA PAMETIH TEKSTILNIH MATERIJALA

Pametni tekstil, poznat i kao elektronski tekstil (e-tekstil), uključuje elektronske komponente i obavlja određene funkcije. Pametne tkanine su inteligentni sistemi koji mogu da posmatraju ili komuniciraju, da otkriju i obrađuju stanje korisnika. Oni koriste električne, termičke, mehaničke, hemijske, magnetne i druge ulaze i izlaze.

Termin *"pametni materijal"* prvi put je iskorišćen 1989. godine u Japanu. Prvi tekstilni materijal koji je označen kao pametan tekstil bio je svileni konac sa memorijskim efektom. [2] S druge strane, otkriće materijala sa memorijom oblika 1960-ih i inteligentnih polimernih gelova 1970-ih, naširoko se smatralo rođenjem stvarnih pametnih materijala. Inteligentni materijali u tekstilu nisu lansirani na tržište sve do kasnih 1990-ih. Danas su pametne tkanine mnogo složenije, ponekad označene kao nosivi uređaji. Električni materijali koji se koriste u inteligentnoj odeći ne bi trebalo da ometaju udobnost odeće od konvencionalnog tekstilnog materijala. Podrazumeva se da su pametne tkanine jednostavni računarski sistemi sa pet osnovnih funkcija, a to su: *senzori, obrada podataka, aktuatori, skladištenje i komunikacija.*

Međutim, integracija digitalnih komponenti mora biti u skladu sa funkcijama odeće kao što su udobnost, izdržljivost, otpornost itd.

Pametni tekstil su u osnovi tkanine i materijali sa dodatnom vrednošću kroz tehnologiju koja poboljšava fizički ili estetski aspekt korisnika. U početku, pametni tekstil se koristio u vojnim, civilnim i zdravstvenim namenama dok danas ima mnogo širu primenu. Postoje tri generacije pametnog tekstila, a to su: [3]

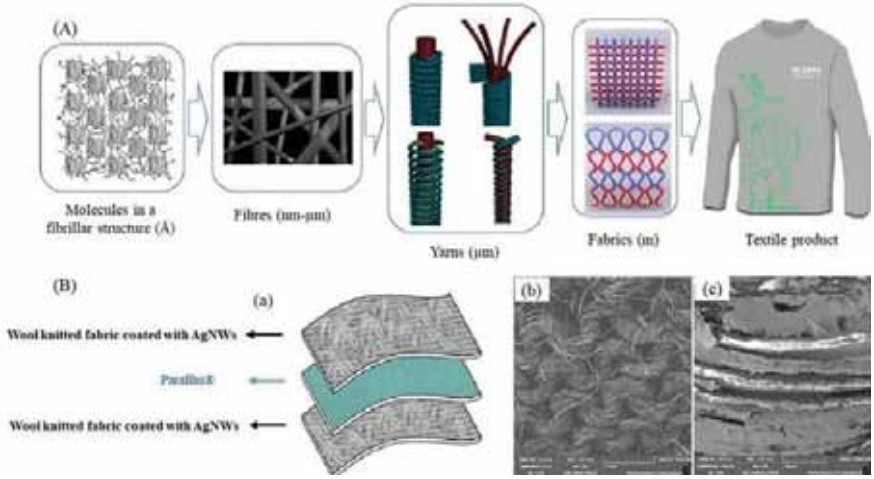
- Pasivni pametni tekstil - može samo da oseti trenutnu atmosferu ili okruženje, koji su obično senzori
- Activni pametni tekstil - može da oseti stimuluse iz okoline i pruži reakciju na njega. Pored funkcije senzora, ima i funkciju aktuatora.
- Veoma pametni tekstilni materijali - koji mogu osetiti, reagovati i prilagoditi se na uslove okoline ili stimuluse.

Pametni ili inteligentni tekstili nastaju u saradnji sa različitim istraživačkim disciplinama kao što su nanotehnologija, nauka o materijalima, dizajn odeće, elektronika i računarski inženjering.

2.1. Pasivni pametni tekstil

Pasivni pametni tekstili su prva generacija pametnih tekstila i reaguju na spoljašnje uslove, čist primer je odeća koja štiti od UV zračenja, provodna vlakna (slika 1) itd. Najčešća primena pasivnog pametnog tekstila je u odeći na otvorenom i medicinskim nosivim predmetima. U ovim tkaninama nema nikakve elektronike. To znači da će sve njegove funkcije omogućiti da ostane u statičkom stanju sve vreme dok se nosi. Što se tiče statičnosti, sprečavanje statičkog prianjanja je jedna od funkcija koju pasivni pametni tekstil može imati. Nema ništa više frustrirajuće od izvlačenja veša iz mašine za sušenje veša da biste saznali da je sve zalepljeno statičkim prianjanjem. Antistatički tekstil može pomoći u smanjenju ovog efekta. Antimikroni tekstil su tkanine koje imaju za cilj da sprečavaju viruse i bakterije da ostanu na našoj odeći [4], što je veoma bitno za zdravlje korisnika. Antimikrobni kompozitni premazi su popularna roba u tekstilnoj industriji, posebno u proizvodnji aktivne odeće. Ovi premazi su efikasni u sprečavanju rasta bakterija koje nastaju znojenjem. Iako ovi premazi možda spasavaju vašu odeću, oni sigurno ne spasavaju planetu. Čovek bi pomislio da su hemikalije u premazima zabrinjavajuće, ali problem zapravo leži u odlaganju ovih tekstila.

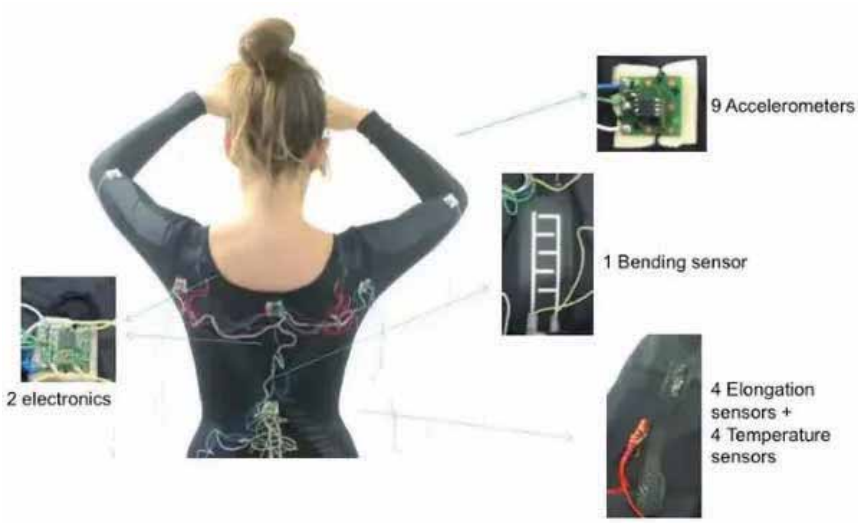
Drugi način da unapredite zdravlje je da se zaštitite od štetnih UV zraka [4]. Pasivni elementi, kao što su optički izbeljivači i UV apsorberi, dodaju se vlaknima da bi se stvorila svojstva zaštite od sunca. Kada se koriste u kombinaciji sa drugim tehničkim komponentama, ovi materijali mogu biti veoma efikasni u sprečavanju oštećenja kože i drugih srodnih stanja koja su rezultat izlaganja suncu. Ovo može pomoći u sprečavanju opekotina od sunca i raka kože, a ovo je takođe funkcija koju pasivni pametni tekstil može imati.



Slika 1. (A). *Električno provodljivi premazi za e-tekstil na bazi vlakana;* ***(B).*** *(a) Pletene vunene tkanine obložene srebrnom niti za nosive elektronske aplikacije, SEM slike provodljive tkanine za pletenje nakon premaza i pranja destilovanom vodom pod (b) 60k i (c) 1000k uvećanjima [5]*

2.2. Aktivni pametni tekstil

Aktivni pametni tekstili su oni koji se prilagođavaju i menjaju svoju funkcionalnost kao odgovor na promene u spoljašnjem okruženju ili kao odgovor na unos korisnika. Ovi materijali mogu da menjaju oblik, skladište i regulišu toplotu i mogu se primeniti na širok spektar fleksibilnih aplikacija Aktivni tekstil je ona odeća koja koži pruža negu, svežinu, udobnost i zaštitu. Aktivni tekstil donosi nove mogućnosti modnim konceptima i kolekcijama. Princip aktivnog tekstila je jednostavan: Ugradite aktivne komponente u tkaninu odeće tako da se prirodnim kretanjem tela koža polako osvežava i revitalizira (slika 2). Klasičan primer aktivnog tekstila je sportska odeća. Aktivni tekstil se prilagođava i menja svoju funkcionalnost kao odgovor na spoljašnje okruženje. Iz tog razloga, aktivna sportska odeća treba da obezbedi dovoljan prenos toplote da temperatura kože ostane u ugodnom opsegu. Aktivni pametni tekstil znači odeću koja se prilagođava i menja svoju funkcionalnost kao odgovor na promene u spoljašnjem okruženju ili kao odgovor na unos korisnika, bilo da se radi o kretanju ili vremenu. Ovi tekstili mogu da menjaju oblik, skladište i regulišu toplotu, kao i druge funkcije. Među najčešćim primenama aktivnog tekstila je u gornjoj odeći; konkretno, odeća koja reguliše telesnu temperaturu.

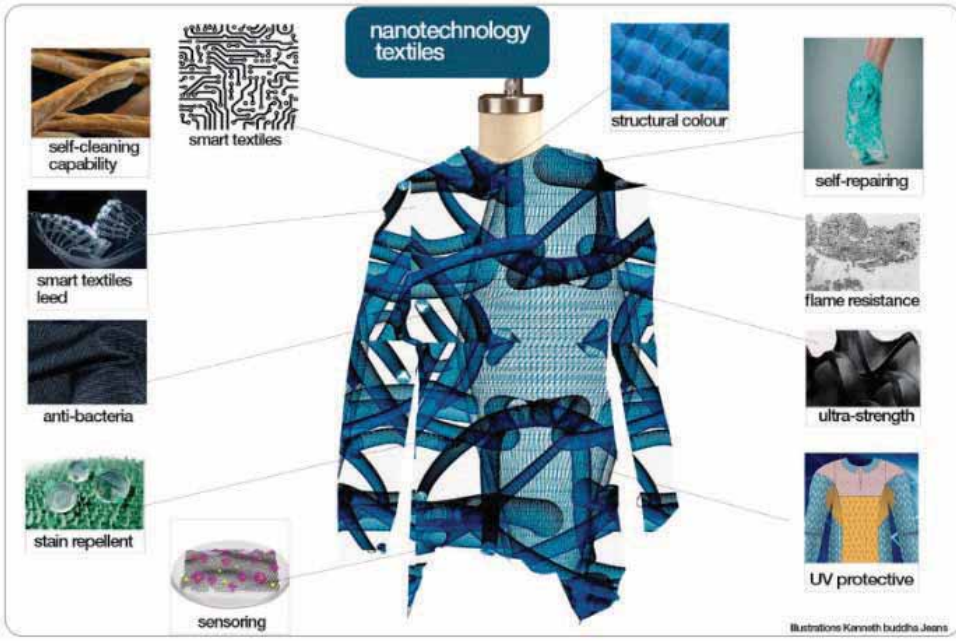


Slika 2. *Aktivan pametni tekstilni materijal[6]*

Primene aktivnih pametnih tekstila mogu biti mnogo raznovrsnije. To je zato što postoji mnogo različitih načina na koje se ove tkanine mogu menjati i prilagođavati. Pre svega, zdravstvena industrija može smatrati da su neke od ovih tkanina korisne. Na primer pametni tekstili mogu da prate puls pacijenta što može upozoriti medicinske sestre na sve potencijalne probleme dovoljno ranije da pomognu. Vojska takođe može da koristi neke od ovih tkanina. Oni mogu da koriste žice integrisane u tkaninu za brzi prenos podataka sa jednog mesta na drugo. To znači da se vojne strategije mogu ažurirati u realnom vremenu. Mogu se koristiti i za pomoć u katastrofama. Neki od ovih tekstila mogu se koristiti kao izvori energije za stanovanje tokom prirodnih katastrofa. To znači da će, bez obzira šta se desi, ljudi mogu imati toplo mesto za boravak. Naravno, ove tkanine se takođe mogu povezati na internet. Ovo može pomoći da pratite na primer otkucaje srca i krvni pritisak direktno na vašem pametnom telefonu ali može se koristiti i za zabavne aktivnosti, kao što je igranje igara.

2.3. Veoma pametan tekstil

Veoma pametni tekstili su treća generacija pametnih tekstila, koji mogu osetiti, reagovati i prilagoditi se na uslove okoline ili stimuluse. Veoma pametan ili inteligentan tekstil se u suštini sastoji od jedinice, koja radi kao mozak, sa kognitivnim, rezonujućim i aktivacionim kapacitetima. Proizvodnja veoma pametnog tekstila je sada realnost nakon uspešnog spajanja tradicionalnog tekstila i tehnologije odeće sa drugim granama nauke kao što su nauka o materijalima, strukturna mehanika, tehnologija senzora i aktuatora, napredna tehnologija obrade, komunikacija, veštačka inteligencija, biologija itd. Uvođenje pametnih materijala i kompjuterske tehnologije u tekstilne strukture nudi mogućnost razvoja tekstilnih materijala sa novim tipom ponašanja i funkcionalnosti. Pametni tekstil i kompjuterska tehnologija uneli su promene u tekstil, od pasivnog do dinamičkog ponašanja, od tekstila sa statičkim funkcijama, do proizvoda koji pokazuju dinamičke funkcije



Slika 3. *Prikaz vrlo pametnog tekstila.*

Vrlo pametne tkanine percipiraju, reaguju i prilagođavaju se situacijama u okruženju na isti način kao aktivni pametni tekstil, ali idu korak dalje. Veoma pametni tekstili su materijali koji otkrivaju, reaguju, nadgledaju i prilagođavaju se stimulansima ili uslovima okoline kao što su termalni, mehanički, hemijski, magnetni ili drugi izvori. Veoma pametan tekstil se sastoji od jedinice koja funkcioniše slično mozgu, sa sposobnostima spoznaje, zaključivanja i aktivacije. Veoma pametne tkanine koriste neke aspekte povezane sa fizičkom konstrukcijom tkanine da direktno naprave senzor i potencijalno za pravljenje aktuatora. Oni takođe razlikuju povezane pametne tkanine od pametnih tkanina nano (nanotehnologija). Povezani pametni tekstil podrazumeva odeću sa ugrađenom digitalnom tehnologijom dok nano tekstil podrazumeva korišćenje nanotehnologija kako bi materijalima dali novu podršku.

3. INOVACIJE U PAMETNOM TEKSTILU

3.2. Pametan tekstil u modnoj industriji

Tekstilna industrija je godinama napredovala velikom brzinom. U poslednje vreme, industrija je proslavila mnoge nove inovacije i napredak koji su bili pioniri u velikoj promeni i dodali mnogo inovacija industriji. Sa napretkom tehnologije i njenih primena u celoj industriji, pametni tekstili su u poslednje vreme postao izuzetno popularam i njegove oblasti primene kao što su medicinska nega, zaštitna odeća, tekstil sa memorijom oblika, sportski tekstil itd. Pametni tekstil i funkcionalne tkanine godinama su na vidiku naučnika i dizajnera. Tek nedavno su se našli na pistama i naslovima. I, što više potrošači i tehnolozi saznaju o pametnim tkaninama, to dalje pomeraju granice. Kako tehničari nastavljaju da razvijaju ove tekstile, njihove mogućnosti će se širiti, čineći ih sposobnim da funkcionišu kao neka vrsta druge kože. Tkanina koja reguliše temperaturu je već dostupna, ali napredak će omogućiti fluidnije korisničko iskustvo. Tkanina će čitati stimuluse i reagovati na njih promenom energije. Jedna od najznačajnijih oblasti napredovanja će verovatno biti u oblasti zdravog načina života.

Kompanije za lepotu i zdravlje traže načine na koje možemo da napravimo tkanine koje pozitivno utiču na zdravlje korisnika. Ovo uključuje sposobnost da:

- Se prati fizičko stanje pacijenata pomoću senzora
- Razvijanje tkanine za odeću sa svojstvima protiv starenja, losione i parfeme
- Lek koji se dobija kroz tekstil

Trenutno je u toku izrada odeće koja je otporna na habanje, zahvaljujući inovaciji pametnih tkanina. Kroz kontinuirani razvoj, samoizlečenje i popravka tkanine je postala stvarnost. Industrija odeće je takođe plasirala pametni tekstil na tržište integracijom tehnologije kroz fleksibilne štampane elektronske metode na reviji Kunihiko Morinage na martovskom Paris Fashion Week-u jesen/zima za 2023/2024 (slika 4), revija je počela sa modelima koji su nosili sličnu odeću, od kojih je većina bila bela, koji su stajali jedan pored drugog na sceni. Dve trake koje emituju UV-zrake su zatim spuštene ispred modela i kako je svetlost bila uperena na odeću, transformisale su se kako bi otkrile različite šare i tonove.

Slika 4. *Paris Fashion Week – Kunihiko Morinaga. [7]*

To nije prvi put da se na Pariškoj pisti vidi nešto tako inovativno gde se primenjuje vrsta pametnog tekstila, prošli Paris Fashion Week je pariški modni brend Coperni koristio je Fabricanovo tečno vlakno koje se koristilo za prskanje i formiranje haljine na model na reviji proleće/leto 2023. (slika 5) Fabrican-ova tečnost za formiranje tkanina prskanjem je tečnost sastavljena od prirodnih i sintetičkih vlakana, kao što su vuna i moher, pamuk, najlon i celuloza u zavisnosti od željenog osećaja, koja je suspendovana u rastvoru polimera. Tečni rastvor se raspršuje aerosolom ili pištoljem za raspršivanje na telo, koje zatim isparava dok dolazi u kontakt sa površinom da bi se formirala netkana tkanina. Iz tih primera možemo primetiti da je modna industrija oduševljena primenom nekog vida pametnih materijala koji provlače i kroz svoje revije. Danas se takođe integrisani elektronski tekstil prožima kroz različite poslovne sektore, pružajući integrisane komunikacione usluge, daljinske upravljače sa senzorom na dodir, prikupljanje energije i punjenje koje je ugrađeno tokom formiranja strukture tekstila.

Slika 5. *Paris Fashion Week – Coperni [8]*

Industrija mode koristi pametne tkanine kako bi u svoje kreacije ugradila jedinstvenu estetiku. Karakteristike izgleda kao što su boja, veličina ili oblik odeće mogu se promeniti pomoću pametnog tekstila. Pametne tkanine u odeći omogućavaju korisniku da komunicira sa svojim okruženjem i deli podatke preko integrisanih senzora ili vodećih žica da „komunicira“ sa

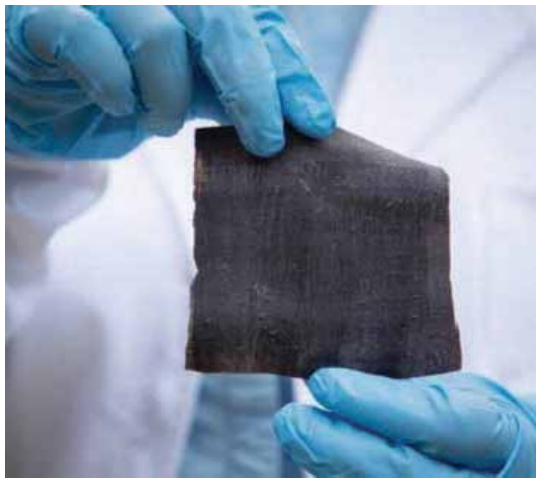
nosivim uređajima kroz odeću. Jedan primer je CuteCircuit koji koristi pametne tkanine za svoje kolekcije visoke mode i posebne projekte. CuteCircuit-ova „Sound Shirt“ omogućava gluvim osobama da dožive muziku kroz svoja tela kroz pametnu odeću.

Slika 6. *Sound Shirt [9]*

Pored modne scene, pametni tekstil ima široku primenu u drugim oblastima kao što je sport, medicina, građevina i mnoge trude industrije gde je neophodna i pojedina vrsta tekstila.

3.2. Laserski štampan vodootporan i rastegljiv e-tekstil

Sledeća generacija vodootpornih pametnih tkanina jesu laserski štampana i napravljena za nekoliko minuta. To je budućnost koju zamišljaju istraživači koji stoje iza nove tehnologije e-tekstila. Naučnici sa Univerziteta RMIT u Melburnu, Australija, razvili su isplativ i skalabilan metod za brzu proizvodnju tekstila koji je ugrađen u uređaje za skladištenje energije. Za samo 3 minuta, metoda može da proizvede pametnu tekstilnu zakrpu veličine 10 × 10 cm koja je vodootporna, rastezljiva i lako integrisana sa tehnologijama za prikupljanje energije. Tehnologija omogućava da se superkondenzatori grafena - moćni i dugotrajni uređaji za skladištenje energije koji se lako kombinuju sa solarnim ili drugim izvorima energije - laserski štampaju direktno na tekstilu. [10]



Slika 7. *Laserski štampan vodootporan i rastegljivi materijal [10]*

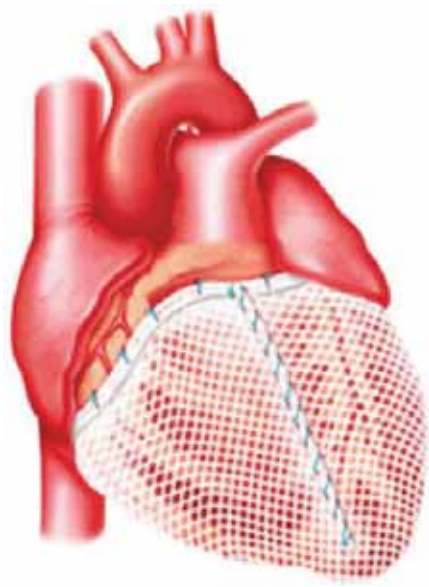
3.3. Provodni materijal

Provodljivi tekstil se može definisati kao tkanina koja je napravljena od niti metala koji se tkaju, mešaju ili premazuju tokom stvaranja tekstila. Tekstil koristi provodne metale kao što su srebro, titanijum, zlato, nikl i ugljenik. Provodni tekstil ima svojstvo da može da provodi električnu energiju i stoga se koristi u nekoliko aplikacija u različitim industrijama krajnje upotrebe. Primarna funkcija provodnog tekstila je kontrola statičkog elektriciteta i zaštita od elektromagnetnih smetnji. Na osnovu vrste, segment tkanog tekstila ima značajan rast tokom prognoziranog perioda. Tkani tekstil se široko koristi u raznim industrijama krajnje upotrebe kao što su vojska, zdravstvo, sport i fitnes. Pošto ovi tekstili nude visoke standardne performanse u zaštiti i provodljivosti, smatraju se poželjnim tipom provodljivog tekstila koji se koristi širom sveta, čime se podstiče rast segmenta tkanog tekstila. [10]

3.4. Medicinski pametni tekstil kao pomoćni uređaj za srce

Pletene i tkane tkanine se koriste kao potporni uređaj za srce. Korišćenjem pletenih i tkanih materijala napravljen je inovativni medicinski uređaj koji koriguje po život opasna stanja srca i vaskularnog sistema. Implantacija novih uređaja zahteva manje invazivne hirurške procedure i uključuje manji rizik od tradicionalnih procedura, a takođe izaziva manje komplikacija tokom bolničkih dana. Srčana insuficijencija je hronični sindrom koji se javlja kada srce ne dobija dovoljnu količinu krvi. Generalno, curenje ventila je pouzdano za ovo. Lečenje srčane insuficijencije je samo terapija lekovima i hirurški, ali su oni privremeni. Jedini trajni tretman je transplantacija srca. Ali većina pacijenata ne može da se kvalifikuje za transplantaciju srca. Zato moraju da urade hirurško lečenje ili terapiju lekovima. [10]

Tako su naučnici razvili uređaj nazvan kao pomoćni uređaj za srce (CSD), koji je namenjen da zaustavi napredovanje srčane insuficijencije. Istraživanje uređaja za potporu srca (CSD) je sprovedeno da bi se odredio najbolji materijal, konfiguracija prediva, uzorak pletiva i obrada za upotrebu za proizvodnju CSD tkanine. To je pletena tkanina nalik mrežici. Tkanina je izrađena od multifilamentne teksture. [10]



Slika 8. *Medicinski tekstil koji služi kao pomoćni uređaj za srce [10]*

Za to se koristi poliesterska tkanina. Poliesterska tkanina ima biološki odgovor tkiva i ima kompatibilnost sa epikardijalnom površinom srca. Poliesterska prediva su pletena u obliku mreže pomoću varijacije atlas boda. Nakon pletenja, tkanina se kondicionira da olakša rukovanje tokom obrade za proizvodnju CSD-a. [10]

3.5. Pametna odeća sa poboljšanim komforom i bezbednošću za vatrogasce

Temperatura je veliki izazov u brojnim profesijama - toplotni komfor i bezbednost na radu. Na primer, u hitnim misijama vatrogasnih i spasilačkih službi, kao i u rudnicima i gradilištima, uslovi rada često izazivaju ekstremno fizičko opterećenje. Rad u toplim situacijama bez nošenja odgovarajuće zaštitne odeće i opreme često izaziva visok toplotno opterećenje. Bilo bi savršeno kada bi se količina takvo opterećenje moglo pratiti u realnom vremenu tokom obavljanja

različitih radnih zadataka. Da bi ovo rešili, istraživači i kompanije su zajedno razvili tehnološko rešenje koje se može nositi za vatrogasce. Omogućava praćenje toplotnog opterećenja u realnom vremenu, čime se poboljšava zdravlje i bezbednost na radu u izazovnim temperaturama. Nova metoda je testirana na Finskom institutu za medicinu rada u Ouluu i na Visokoj školi hitne pomoći u Kuopiju. Na osnovu prvih testova, čini se da nudi veoma obećavajuće sredstvo za komandovanje spasilačkim misijama i unapređenje zdravlja i bezbednosti na radu vatrogasaca. [10]

Slika 9. *Vatrogasac u požaru [10]*

3.6. Pametna film tkanina

DuPont Intekar je revolucionarno elektronsko otkriće koji neprimetno pretvara tkaninu u pametnu odeću za višestruke primene. Tehnologija je ugrađena direktno u tkaninu korišćenjem standardnih procesa proizvodnje odeće, nudeći i lakoću integracije i jednostavnost dizajna. Trenutno se koristi za tri aplikacije: fitnes, toplota i zdravlje. [10]

Tehnologija za fitnes i zdravlje funkcioniše slično sa ključnim komponentama koje prate i prenose biometrijske signale. Tanak sloj ugljenika ili srebra služi kao senzor, koji detektuje električne signale, dok provodnik, napravljen od sloja srebra, prenosi struje kroz sve. Druge folije su integrisane u tekstil da bi zaštitile tehnologiju od vode i dodatnog izlaganja. Primljeni podaci se snimaju i nadgledaju putem aplikacije treće strane. Primena toplote koristi tehnologiju na baterije koja uključuje otpornik, tanak sloj ugljenika koji zrači toplotu, provodnik, tanak sloj srebra koji prenosi električne struje i dodatne filmove za zaštitu. [10]

Intekar je projektovan i testiran da svaki put radi onako kako je dizajniran, sa izdržljivošću da nadživi svaku alternativu i ponudi neuporedivu udobnost svojom besprekornom rastezljivošću. Intekar takođe nudi električno rešenje za grejanje u tankoj i bezbednoj primeni. Tehnologija na baterije omogućava odeći da stvara toplotu, stvarajući aktivno kontrolisano zagrevanje tela. Ova tehnologija je posebno pogodna za aktivnosti na otvorenom i profesionalce u industriji u okviru komunalnih, građevinskih, vojnih, šumarskih, rudarskih i infrastrukturnih industrija, između ostalih. Ova tehnologija takođe pruža naprednu zdravstvenu zaštitu koja se može nositi putem čula i prenosa biometrijskih signala. Primarne upotrebe uključuju praćenje trudnoće, telemetriju i respiratorne poremećaje, kao i terapije toplotom i elektrostimulacijom. [10]

Slika 10. *Pametni film tekstil[10]*

4. ZAKLJUČAK

Trenutni razvoj tekstilnih tehnologija, novih materijala, nanotehnologije i minijaturne elektronike, gde nosivost čini sisteme praktičnijim, ali najvažniji parametar da korisnici prihvate nosive uređaje je dovoljna udobnost. Ovo je prepoznato kao izazovno okruženje za ljudsko telo i životnu sredinu, mehaničku otpornost i izdržljivost. Pored toga, dizajn kola za razvoj inteligentnih tekstila, poznavanje inteligentnih materijala, mikroelektronike i hemije je u osnovi integrisano sa dubokim razumevanjem proizvodnje tekstila. To zahteva multidisciplinarni pristup.

LITERATURA

[1] IGNASI SAYOL: Pametni materijali, tehnologija za revoluciju iskustva, (n.g), dostupno na adresi: https://ignasisayol.com/en/smart-textiles-can-be-programmed-to-monitor-things-like-biometrics-measurements-of-physical-attributes-or-behaviours-like-heart-rate-which-could-help-athletes-dieters-and-physicians-observing-pat/ (Pristupljeno: 18.03.2023)

[2] TECHFASHONISTA: Pametni materijali u modi, (2021.), dostupno na adresi: https://thetechfashionista.com/what-are-smart-textiles-and-examples/ (Pristupljeno: 18.03.2023.)

[3] HACKERNOON: Pametni tekstil okupira modnu industriju, (2021.), dostupno na adresi: https://hackernoon.com/smart-textiles-are-sweeping-the-fashion-industry-zt2k37i7 (Pristupljeno 18.03.2023.)

[4] OTEX: Pasivan vs Aktivan pametni tekstilni materijal, (n.g), dostupno na adresi: https://osnf.com/passive-vs-active-smart-textiles/ (Pristupljeno 20.03.2023.)

[5] AZAM: Kako pametni provodni materijali se mogu koristiti, (2021.), dostupno na adresi: https://www.azom.com/news.aspx?newsID=57160 (Pristupljeno 20.03.2023.)

[6] TEXTILEBLOG: Aktivan pametni tekstilni materijal, (2021.), dostupno na adresi: https://www.textileblog.com/active-smart-textile-materials/ (Pristupljeno 22.03.2023)

[7] ARABNEWS: Japanski dizajner koristi UV svetla za otkrivanje boja u kolekciji, (2022.), dostupno na adresi: https://www.arabnews.jp/en/arts-culture/article_90830/ (Pristupljeno 22.03.2023.)

[8] DEZEEN: Model obučen sprejem, (2022.), dostupno na adresi: https://www.dezeen.com/2022/10/04/spray-on-dress-paris-fashion-coperni-bella-hadid/ (Pristupljeno 22.03.2023.)

[9] CUTECIRCUIT: The Sound Shirt, (n.g), dostupno na adresi: https://cutecircuit.com/soundshirt/ (Pristupljeno 25.03.2023.)

[10] INTECHOPEN: Pametni tekstilni materijali, (2018.), dostupno na adresi: https://www.intechopen.com/chapters/73836 (Pristupljeno 25.03.2023.)

Đorđe Maroš[1]

Stručni rad
UDK 007.52:620.4/.9

PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U ENERGETSKOM SEKTORU

Apstrakt

Mi, ljudi, hiljadama godina pokušavamo da razumemo kako mislimo, tj. kako najvažniji mišić u našem telu funkcioniše. Oblast veštačke inteligencije ide čak i dalje, ona pokušava ne samo da razume, već i da pravi inteligentna „bića“. Veštačka inteligencija je jedna od najnovijih oblasti nauke i tehnike. Ona trenutno obuhvata veći broj podoblasti, počevši od opštih, do specifičnih kao što je igranje šaha, dokazivanje matematičkih teorema, pisanje poezije, vožnja automobila i dijagnostika bolesti. U raznim naukama kao što su fizika i hemija postoji dosta nedokazanih i neobjašnjivih pitanja, dok u ovoj oblasti postoji samo širenje i to je razlika koja čini ovu oblast popularnom i posebnom. Veštačka inteligencija je poslednjih godina uhvatila jezivi zalet i ostaje nam pitanje „Da li će računar uspeti skroz da zameni čoveka?“. U energetskom sektoru postoji velika mogućnost i time ćemo se u ovom radu baviti.

Ključne reči: Veštačka inteligencija, energetski sektor, razviće, primena

Đorđe Maroš[1]

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ENERGY SECTOR

Abstract

We, people, for thousands of years are trying to understand how we think, namely how the most important muscle in our body works. Artificial intelligence goes beyond that, it is not only trying to understand but to create an intelligent entity. Artificial intelligence is one of the new science and technical fields. It currently includes most of the subareas, starting from basics to specifics like playing chess, proving mathematical theorems, writing poetry, driving a car, and diagnosing diseases. In various sciences such as physics and chemistry, there are a lot of unproven and unexplained questions, while in this field there is only expansion and this is the difference that makes this field popular and special. Artificial intelligence has improved a lot in recent years, and we are left with the question "Will a computer succeed in completely replacing a human?”. There is a great opportunity in the energy sector and we will look at the possibilities and ways.

Keywords: Artificial intelligence, energy sector, development, application

[1] Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, Srbija
University of Novi Sad, Technical Faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, Serbia

Uvod

Mozgovi i računari imaju različite osobine, računari imaju trajanje ciklusa milion puta kraće nego mozak, ali mozak to nadoknađuje daleko većom memorijom i povezanošću. Da bi veštačka inteligencija uspela, potrebne su nam dve stvari: inteligencija i uređaj, a računar je trenutno izabrani uređaj (Slika 1). Savremeni digitalni računar smislili su nezavisno i skoro istovremeno naučnici u tri zemlje učesnice Drugog svetskog rata. Od tada, svaka generacija računarskog hardvera donosi porast u brzini, kapacitetu i opadanju cene (Henry W.P., 1992). Performanse su se duplirale približno svakih 18 meseci, do skoro 2005. godine, kada je problem rasipanja energije naveo proizvođače da počnu sa umnožavanjem broja jezgara centralnih procesorskih jedinica. Sadašnja očekivanja su da će budući porast snage proisteći iz masivnog paralelizma - što predstavlja čudesnu konvergenciju sa osobinama mozga. Razni ljudi pristupaju veštačkoj inteligenciji imajući na umu različite ciljeve. Dva važna pitanja koja se postavljaju su: da li ste zainteresovani za mišljenje ili za ponašanje? Da li želite da modelujete ljude ili funkcionisanje polazeći od idealnog standarda?

	Težina	Prostor (zapremina)	Brzina obrade podataka	Energetska efikasnost
	1.4 kg	1 300 cm^3	10^{18} operacija u sekundi	20 W
	150 t	Prostor od 400 m^2	$93*10^{15}$ operacija u sekundi	10 MW

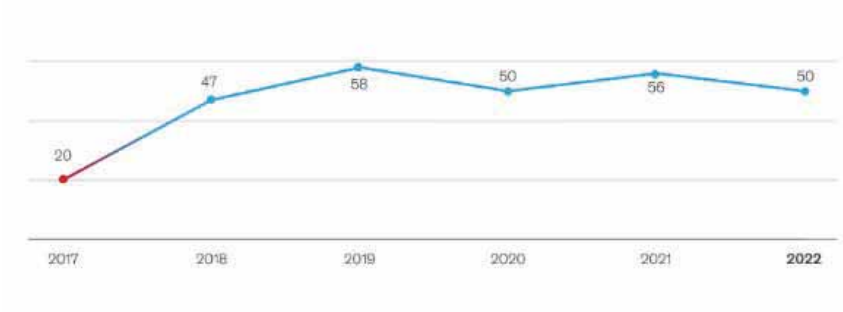
Slika 1. *Grubo poređenje mozga sa superkompjuterom*

(https://energetskiportal.rs/energetika-danas-i-kako-da-sutra-bude-bolja/)

Ljudska inteligencija je zasnovana na varijantama sa kojima se susreće i odgovorima koje dobija, što može rezultirati milionima funkcija ukupno u životu. Međutim, veštačka inteligencija je definisana ili razvijena samo za specifične zadatke i njena primena na druge zadatke možda neće biti lako moguća. Veštačka inteligencija može da pobedi ljudsku inteligenciju u nekim specifičnim oblastima kao što je šah (Norvig P., Russell J.S., 2010). Superkompjuter nadmašuje čoveka zbog toga što je u stanju da skladišti sve poteze koje su do sada odigrali i što je sposoban da razmišlja unapred 10 poteza u poređenju sa ljudskim igračem koji može da razmišlja do 10 koraka unapred, ali ne može da sačuva taj broj poteza u šahu.

Trenutne tehnologije veštačke inteligencije, koje uključuju robote i autonomna vozila, prepoznavanje lica, obradu prirodnog jezika i virtuelne agente svih vrsta, primenjuju se u zapanjujućoj raznolikosti problematičnih domena (Slika 2). Glavne tehnološke kompanije kao što su Apple, Gugl i Amazon uočljivo predstavljaju veštačku inteligenciju u svojim lansiranjima proizvoda. Upoređujući sa 2017. godinom, usvajanje veštačke inteligencije se i više nego udvostručilo. One kompanije koje vide najveće finansijske prinose od veštačke inteligencije nastavljaju da napreduju u odnosu na konkurente. Kako rezultati navode, ove

kompanije koje ulažu veće investicije u veštačku inteligenciju, angažujući se u sve naprednijim praksama pokazuju znake boljeg učinka na uskom tržištu za talente za veštačku inteligenciju. Oko 20 procenata ispitanika je izjavilo da je usvojilo veštačku inteligenciju u najmanje jednoj poslovnoj oblasti, dok danas ta cifra iznosi oko 50 procenata, iako je dostigla vrhunac u 2019. na 58 procenata. Iako se veštačka inteligencija već koristi u hiljadama kompanija širom sveta, većina mogućnosti još nije iskorišćena.



Slika 2. *Udeo kompanija koji kažu da su primenili veštačku inteligenciju u najmanje jednom sektoru (https://www.educba.com/artificial-intelligence-vs-human-intelligence/)*

Energetika danas i primena veštačke inteligencije

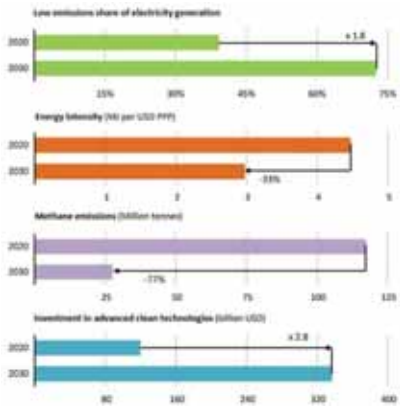
Stanje energetike danas je svakako zabrinjavajuće i sa tendencijom ka dodatnim neizvesnostima. I dok smo navikli na uvoznu zavisnost od nafte i gasa, takva ista zavisnost kad je u pitanju uvoz električne energije pada nam mnogo teže. Međutim, još uvek postoji nekoliko izazova u ovom sektoru koje treba rešiti na vreme, sada se ispostavlja da su tehnologije poput veštačke inteligencije efikasan način za distribuciju i upravljanje snabdevanjem energijom.

Energetske kompanije traže mogućnosti da iskoriste širok opseg podataka, kako bi poboljšale svoje poslovanje tako što će iskoristiti sve veće širenje podataka iz industrijskih senzora i naizgled neograničenu procesorsku snagu (Li, Yang, 2020). Sve više ulažu u veštačku inteligenciju, kako bi pružili odgovore na mnoga kritična pitanja sa kojima se suočavaju. U poslednjih nekoliko godina smo mogli da se upoznamo sa čistijim izvorima, kao što su solarni paneli i vetrogeneratori. Prema podacima, cena obnovljive energije nastavlja da opada, naročito cena solarnih panela, njihova proizvodnja postaje dosta jeftinija i posmatra se kao najperspektivniji vid „zelene energije". Mnogo je ulagano u istraživanja, što je dovelo do opadanja cena i veće pristupačnosti, pa su zbog toga najrasprostranjeniji. Hidroenergija je jedan od najstarijih izvora energije na Planeti, generišući svetski oko 16% električne energije. U izveštaju, kapaciteti nastavljaju da se povećavaju naredne dve godine, u proseku 28 GW godišnje (Slika 3).

Četiri ključna cilja u narednoj deceniji za dalje brzo smanjenje emisija su:

- Omogućavanje porasta čiste elektrifikacije
- Ostvarivanje punog potencijala energetske efikasnosti
- Sprečavanje curenja metana iz operacija vezanih za fosilna goriva
- Podsticanje inovacija čiste energije

- Dakle, zarad naše energetske nezavisnosti potrebno je dominantno rešiti energetsku slagalicu sa domaćim resursima (sunce, vetar, voda, biomasa, geotermalna energija), a ako ta varijanta ne da rezultate, onda se okrenuti i nuklearnim tehnologijama. U ovom momentu se čini da naša energetska nezavisnost, sigurnost isporuke i održivost rešenja mogu biti ostvareni sa našim primarnim izvorima.



Slika 3. *Dijagram sa četiri ključna prioriteta za održavanje temperature na 1,5 °C https://corporate.exxonmobil.com/energy-and-innovation/digital-technologies*

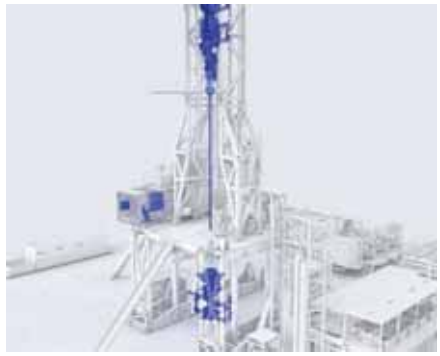
Proizvođači nafte i gasa sve više koriste podatke koje se generišu kao nusproizvod poslovanja, kako bi bolje identifikovali mogućnosti istraživanja i optimizovali proizvodnju i osigurali najveći mogući oporavak svojih resursa. Pojavom nove veštačke inteligencije, uključujući mašinsko učenje, proizvođači žele da ona poboljša svoju sposobnost optimalnog lociranja bušotina, modeliranja dizajna rezervoara i smanjenja vremena i troškova bušenja. ExxonMobil koristi veštačku inteligenciju kako bi stvorio podvodne robote, koji uče i deluju samoupravno kako bi bolje obezbedili bezbedno i efikasno bušenje i proizvodnju u moru (Slika 4).

ExxonMobil je prvi koji koristi automatsko bušenje na platformi. Razvili su sistem za bušenje, koji se trenutno koristi u operacijama u Gvajani, koji koristi veštačku inteligenciju za određivanje idealnih parametara za bušenje. Takođe omogućava automatizaciju zatvorene petlje, koja kontroliše proces bušenja bez ljudske intervencije. Ova tehnologija poboljšava sigurnost i efikasnost bušenja, takođe eliminiše zadatke koji se upravljačima ponavljaju, omogućavajući im da se fokusiraju na drugi posao. Ona koristi napredni softver zasnovan na internetu i povezane inteligentne sisteme koji stvaraju neprekidnu povratnu petlju između površine i bušotine. Ovo značajno povećava efikasnost operacija istraživanja, razvoja i proizvodnje uz smanjenje ljudske intervencije, postavljajući temelje za potpuno autonomne operacije u bliskoj budućnosti.

Dakle, putanja ostaje ista u skladu sa planom jer ova tehnologija meri tačnu jačinu Zemljinog gravitacionog i magnetnog polja svake sekunde. Takođe koristi prostorno modelovanje

rezervoara u vremenu kako bi odredila tačnu podzemnu lokaciju najniže tačke u ležištu i odredila potrebne precizne reakcije upravljanja (Henry W.P., 1992).

Globalne elektroenergetske industrije okreću se veštačkoj inteligenciji kako bi pomogle u optimizaciji sve složenije infrastrukture različitih proizvodnih, prenosnih i distributivnih sredstava. U SAD, Ministarstvo energetike postavilo je mrežnu bezbednost i operativnu stabilnost sa nacionalnim prioritetom i pritom je uložilo više od 4.5 milijardi dolara u brojne tehnologije pametnih mreža. Sa više od 15 miliona pametnih brojila i milionima drugih senzora polja, ove aplikacije su postavljene za poboljšanje rada i poboljšanja pouzdanosti nadgledanjem i analizom ogromnih tokova podataka u realnom vremenu, radi bolje nivelacije opterećenja, prepoznavanja kvarova i kontinuiranog prilagođavanja sredstava za proizvodnju i isporuku električne energije sistema širom zemlja.



Slika 4. *Samoupravno bušenje*
(https://www.slb.com/drilling/bottomhole-assemblies/directional-drilling/autonomous-solutions)

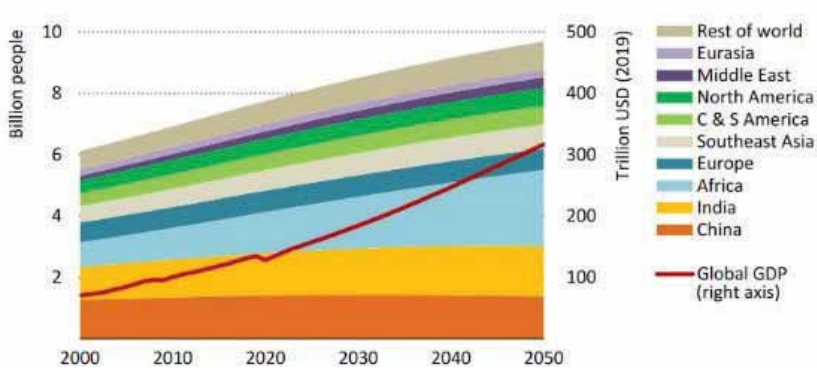
Uticaj populacije je takođe jedan od „problema“ koji može činiti ogromnu prepreku za ljude. To je zato što ono zahteva konstantan monitoring, ogromnu količinu podataka i duboku analizu. Jednostavno ono je odličan primer za pravo mesto za veštačku inteligenciju. Naravno, ne predstavlja nešto novo, do sada je bilo primena, ali sistem prosto nije perfektan i postoje mesta za poboljšanje i napredovanje (Li, Yang, 2020).

Rešenje za ovo bi bilo izgradnja pametnih kontrolnih centara, energetska mreža ima mogućnost da generiše podatke kada je u kombinaciji sa veštačkom inteligencijom. Ovi podaci mogu dati nove uvide velikim operaterima za bolje operacije. Veštačka inteligencija može pomoći da razume obrasce potrošnje energije. Ono omogućava dobavljačima energije da inteligentno prilagođavaju ponudu i potražnju.

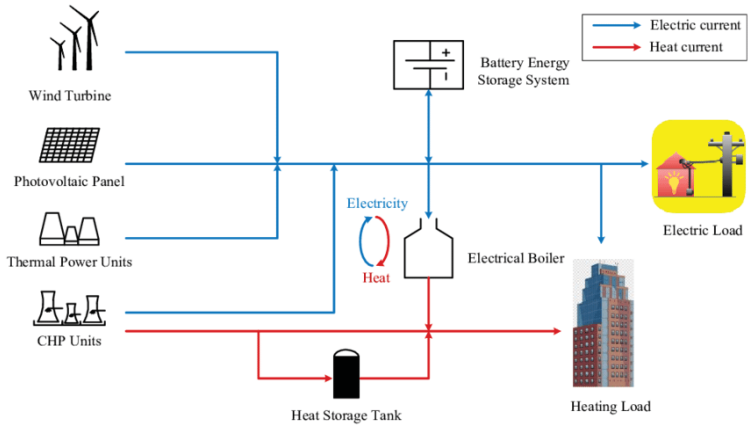
Pre dve godine, u svetu je bilo oko 7.8 milijardi ljudi; predviđa se da će se ovaj broj povećati za oko 750 miliona do 2030. i za skoro 2 milijarde ljudi do 2050. Međunarodna agencija za energiju navodi da će se do 2050. godine svetska populacija povećati na 9.7 milijardi ljudi, a svetska ekonomija udvostručiti. Do 2030. godine, svetska ekonomija će biti oko 45% veća, a do 2050. i više nego dvostruko veća (Slika 5).

Kada se neki novi izvor energije doda na glavnu mrežu, postaje teško izbalansirati protok. Veštačka inteligencija može pomoći mrežnim operaterima u ovoj oblasti, kontrolisani sistemi veštačkom inteligencijom mogu pomoći u rešavanju problema kvaliteta i zagušenja energije.

Veštačka inteligencija se može integrisati sa inteligentnim skladištem energije ili IES[2] jedinicama kako bi se obezbedilo održivo i pouzdano rešenje, što može pomoći u pametnom skladištenju i distribuciji energije. Nedovoljna fleksibilnost u radu sistema uzrokovana tradicionalnim režimima rada kombinovanih toplotnih i energetskih jedinica u zimskim grejnim periodima je ključno pitanje koje ograničava potrošnju obnovljive energije.



Slika 5. *Svetska populacija po regionima i globalni bruto domaći proizvod https://corporate.exxonmobil.com/energy-and-innovation/digital-technologies*



Slika 6. *Primer strukture integrisanog energetskog sistema (Li, Yang, 2020)*

[2] *Integrated energy system (IES)* - Integrisani energetski sistem

Zaključak

Veštačka inteligencija je multidisciplinarna oblast nauke i inženjerstva čiji je cilj stvaranje inteligentnih mašina. Veštačka inteligencija će biti multiplikator tehnološkog napretka u našem sve digitalnijem svetu. Zato što je sve oko nas danas, od kulture do potrošačkih proizvoda, proizvod inteligencije. Njen razvoj ubrzano napreduje, a taj napredak vidljiv je i daleko van granica laboratorija. Ona sve više "uvećava moć" tehnologija koje se primenjuju u raznim poljima - od razvoja lekova, pa do energetike, logistike, ali i vojske. Sa trenutnim postignućima, veštačka inteligencija se u energetskom sektoru može primeniti u više podsektora, čak u bliskoj budućnosti postoji mogućnost da u potpunosti zameni čoveka, ne samo u energetskom sektoru, već i više. Kada se pronađe cilj, putanja do tog cilja takođe predstavlja jedno rešenje problema.

Trenutno smo na najvećoj raskrsnici u istoriji čovečanstva i dolazimo na pitanje „Da li čovek treba da se razvija analogno ili digitalno?“. U svemu postoje ekstremi, ali mislim da nema potrebe za tolikim ekstremima za veštačkom inteligencijom.

Literatura

Peter Norvig, Stuart J. Russell, 2010. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice Hall.

Li, Yang, 2020. *Improving operational flexibility of integrated energy system with uncertain renewable generations considering thermal inertia of buildings*. Energy Conversion and Management.

Henry W.P., 1992. *Artificial intelligence.* Addison-Wesley Longman Publishing Co.

https://www.educba.com/artificial-intelligence-vs-human-intelligence/

https://corporate.exxonmobil.com/energy-and-innovation/digital-technologies

https://www.slb.com/drilling/bottomhole-assemblies/directional-drilling/autonomous-solutions

https://energetskiportal.rs/energetika-danas-i-kako-da-sutra-bude-bolja/

Dejan Bajić[1]
Majstorović Aleksandar[2]

Stručni rad
UDK 621.838.4:621.867.2

SAVREMENE METODE KONSTRUISANJA 3D MODELA

Apstrakt

U ovom radu predstavljena je metodologija konstruisanja 3D modela u programu Fusion 360. Predstavljene su osnovne prednosti savremenih softvera za tehničko crtanje, u odnosu na tradicionalne tehnike konstruisanja. Izražene su pogodnosti sa strane praktičnosti, uštede vremena i estetskog dizajna koje pruža 3D modelovanje u softveru Fusion 360.

Ključne reči: 3D, Fusion 360, modelovanje, konstruisanje, praktičnost

Abstract

Methodology of construction of a 3D model in the Fusion 360 software has been presented in this paper. Also, new ways of modeling have been compared to the traditional ones. Moreover, benefits of modeling technologies, in terms of practicality, time-saving and aesthetical design have been discussed throughout the paper.

Key words: 3D, Fusion 360, modeling, construction, practicality

1. UVOD

Preciznost je oduvek bila jedna od najvažnijih stavki prilikom izrade tehničkih crteža, projektovanja i konstruisanja 3D modela. Pre pojave prvih softvera za tehničko crtanje koji su kasnije evoluirali u softvere kakve danas poznajemo i koristimo (AutoCAD, Fusion 360, SolidWorks itd.), inženjeri su morali da koriste najrazličitiji pribor koji bi im omogućio što veću preciznost prilikom izrade tehničkih crteža (milimetarske hartije, lenjire, uglomere, šestare, različite vrste olovaka itd.) [1]. Ovakav način konstruisanja zahtevao je veliko umeće i oduzimao je mnogo vremena (slika 1). Međutim, sa napretkom informatičke tehnologije, uporedo su se razvijali i softveri za tehničko crtanje [2], te današnji softveri omogućuju lako učenje i mogućnost otplate uloženog vremena u proces učenja već od prvog tržišnog projekta [3]. Prilikom crtanja 3D modela ranije je bilo potrebno nacrtati isti objekat posmatran iz različitih uglova (pogleda) kako bi sve dimenzije bile vidljive. Danas, uz korišćenje softvera za tehničko crtanje proces konstruisanja umnogome je pojednostavljen, zahteva mnogo manje vremena i daje veću preciznost. Takođe, 3D objekat konstruisan u softveru kao što je Fusion 360 moguće je pogledati iz proizvoljne tačke tj. iz bilo kog ugla što daje bolju vizuelnu percepciju posmatraču i čini model jasnijim (nije neophodno praviti makete kako bi se ostvario potpun 3D doživljaj modela). Poznavanje rada u nekom od softvera za tehničko crtanje danas su osnovi inženjerske pismenosti [4]. U ovom radu biće prikazan proces konstruisanja ključa za štimovanje bubnjeva u softveru Fusion 360, metodologija tehničkog crtanja (proces kreiranja 3D modela od 2D crteža), kao i modifikacija 3D modela.

[1] Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu, Univerzitet u Novom Sadu

Slika 1. *Inženjeri izrađuju tehničke crteže koristeći tradicionalni pribor za tehničko crtanje[1]*

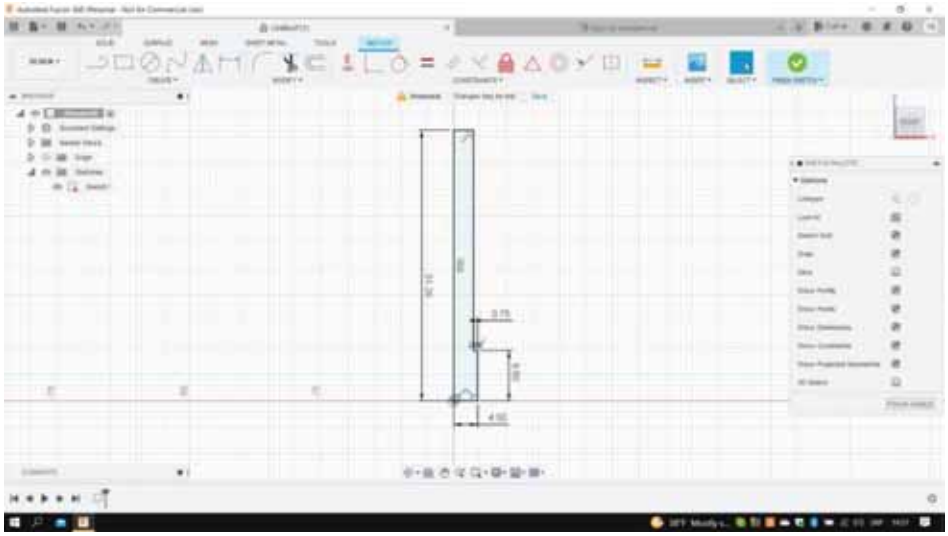
2. METODOLOGIJA KONSTRUISANJA

Prilikom konstruisanja bilo kog elementa, neophodno je poznavati metodologiju tj. redosled operacija samog procesa tehničkog crtanja kako bi se na što efikasniji način i sa što manje utrošenog vremena došlo do željenog rezultata. U ovom poglavlju biće prikazan hronološki redosled operacija koje su izvedene kako bi se dobio finalni 3D prikaz ključa za štimovanje bubnjeva.

2.1. „Skica“ (*Sketch)*

Skica predstavlja osnovu tehničkog crtanja, kako u programu „Fusion 360“, tako i u većini programa koji se koriste za konstruisanje elemenata. Naime, skica predstavlja 2D crtež nekog elementa koji se crta u proizvoljno odabranoj ravni. Svaki crtež može da ima neograničeno mnogo skica, ali poželjno je precizno označiti sve potrebne dimenzije na skici. Na slici 2 prikazana je osnovna skica koja je nacrtana za potrebe konstruisanja predmetnog elementa.

Dimenzionisanje se vrši uz pomoć kotnih linija i opcije „Dimenzije“ *(Dimensions)*. Kada je crtež u potpunosti definisan sve linije su obojene u crno. Ukoliko neka linija nije u potpunosti definisana (položaj u prostoru, najčešće se za referentnu tačku uzima koordinatni početak), na crtežu je prikazana plavom bojom. Još jedan indikator definisanosti crteža predstavlja crveni katanac koji se nalazi sa leve strane na stablu, pored svakog skeča. Ukoliko isti postoji, znači da je skica u potpunosti definisanA (slika 2). Ovi indikatori dimenzionisanosti tehničkog crteža umnogome olakšavaju sam proces izrade predmeta tj. prateći indikatore lako možemo zaključiti da li nam je ucrtavanje neke kote promaklo, što je značajno olakšalo kontrolu finalnog tehničkog crteža.

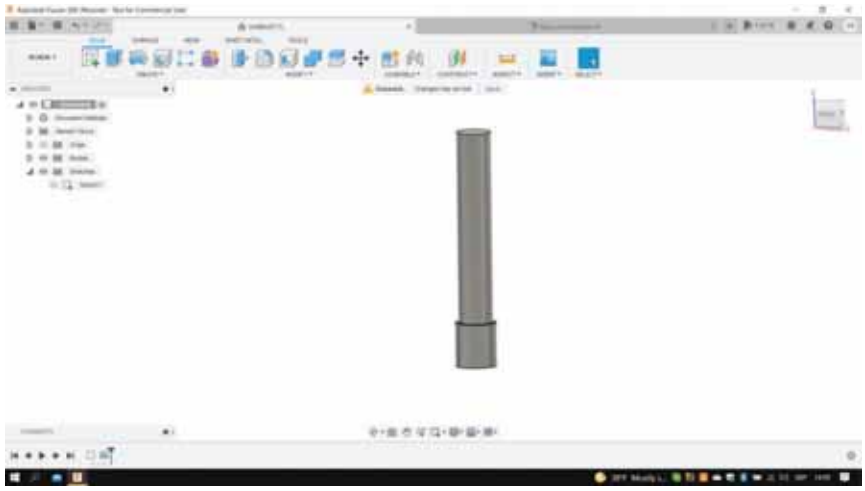


Slika 2. *Konstrukcija prve skice.*

2.2. Kreiranje 3D modela od 2D crteža

Ukoliko želimo da od 2D skice napravimo 3D objekat, u većini slučajeva neophodno je da zatvorimo linije. Linije su zatvorene samo ukoliko je unutrašnjost konture svetlo plave boje (slika 2). U suprotnom kontura nije zatvorena i nemoguće je od iste kreirati 3D objekat.

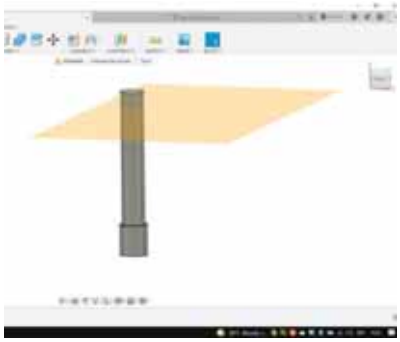
Najlakši način da kreiramo 3D objekat od prethodno prikazanog skeča je opcija „Obrnuti“ *(Revolve)* kojom se zatvorena kontura može zarotirati oko odabrane ose za proizvoljnu vrednost i time napraviti 3D objekat. Konkretno, kod ovog primera koristili smo rotaciju od 360ʻ (slika 3).



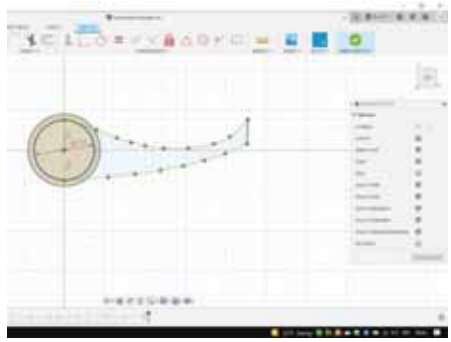
Slika 3. *Kreiranje 3D modela uz pomoć opcije „Obrnuti“ (Revolve).*

2.3. Postavljanje nove ravni crtanja

Kako bismo nastavili sa konstruisanjem neophodno je kreirati novu ravan crtanja uz pomoć funkcije „Konstruisati“ *(Construct)* (slika 4) i u njoj kreirati novu skicu (slika 5). Ravan se može postaviti proizvoljno u odnosu na odabranu referentnu ravan. I dalje za crtanje koristimo istu ravan (x,y) dok smo novu ravan crtanja podigli u odnosu na koordinatni početak i prethodnu skicu.



Slika 4. *Kreiranje nove ravni.*



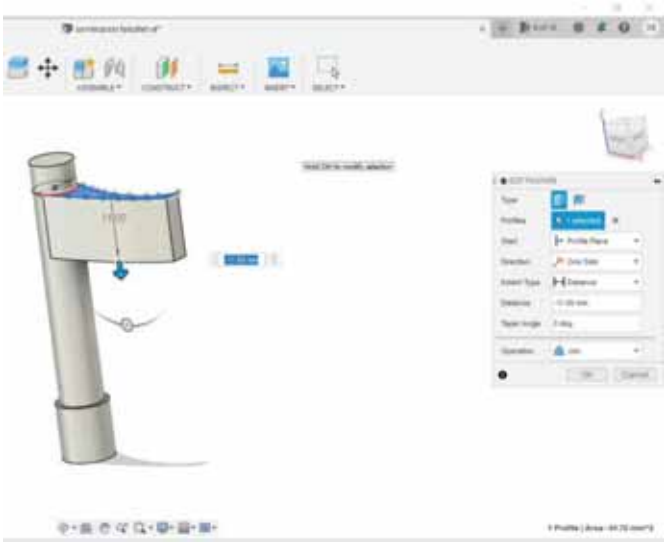
Slika 5. *Kreiranje nove skice.*

Kako bismo kreirali novu skicu (slika 5) neophodno je da koristimo opciju „Spline“ *(Spline)* koja nam pruža kreiranje zakrivljenih linija uz pomoć kontrolnih tačaka koje možemo pomerati i time modifikovati oblik linije. Ova opcija koristi se prilikom konstruisanja složenih oblika koje je teško nacrtati uz pomoć osnovnih alata zbog velikog broja različitih radijusa, zakrivljenja. Ovakva izvedba pera ključa pruža pored praktičnosti (prilagođavanje pristima prilikom zavrtanja i odvrtanja) i estetski primamljiviji izgled ključa.

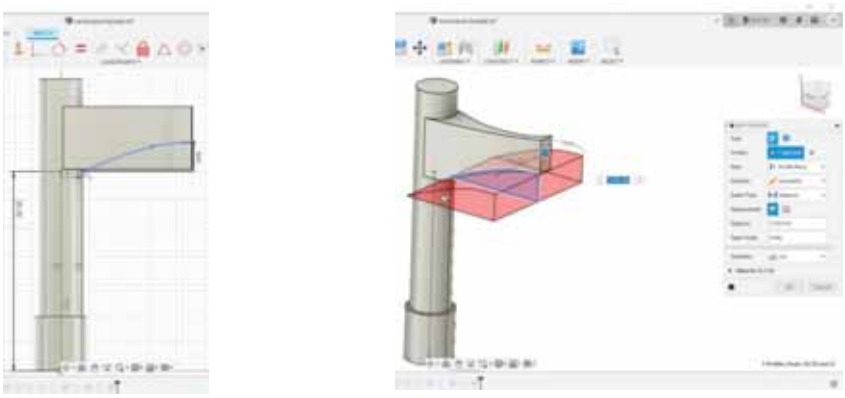
2.4. Opcija „Izdužiti“ *(Extrude)*

Kada želimo od nekog 2D crteža da napravimo 3D objekat koji ima istu osnovnu površinu kao i crtež koristimo opciju „Izdužiti“ *(Extrude)*. Od prikazane 2D skice na slici 5, potrebno je napraviti 3D model, što je moguće izvršiti klikom na zatvorenu konturu i aktivacijom funkcije „Izdužiti“ *(Extrude)* (slika 6). Po aktivaciji ove opcije potrebno je naznačiti razdaljinu između dve površine. Takođe, bitno je selektovati u meniju sa desne strane opciju „Pridružiti“ *(Join)* kako bi se novokreirani 3D model priključio postojećem modelu.

Ova opcija može se koristiti i na drugi način, što ćemo videti u nastavku procesa konstruisanja. Pored pridruživanja novih objekata postojećim, opcija „Izdužiti“ *(Extrude)* može da se koristi i za odsecanje pojedinih delova modela (slika 7). Proces aktivacije funkcije je identičan kao u prethodnom slučaju, s tim što se u meniju sa desne strane umesto opcije „Pridružiti“ *(Join)* odabere opcija „Iseći“ *(Cut)* pod sekcijom „Opcije“ *(Options)*.



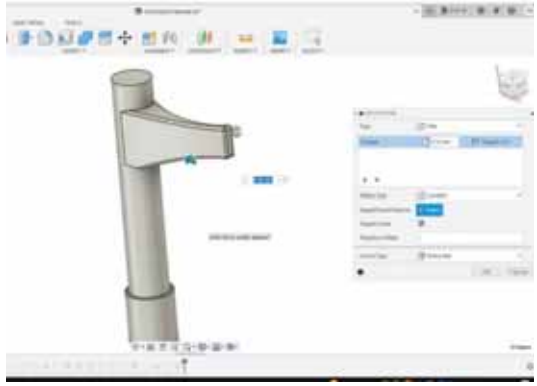
Slika 6. *Korišćenje opcije „Izdužiti“ (Extrude).*



Slika 7. *Sa leve strane prikazan je skeč konture koja će se koristiti za odsecanje uz pomoć opcije „Izdužiti“ (Extrude). Sa desne strane prikazana je druga namena „Izdužiti“ (Extrude) opcije.*

2.5. Opcija „Zaobliti“ *(Filet)*

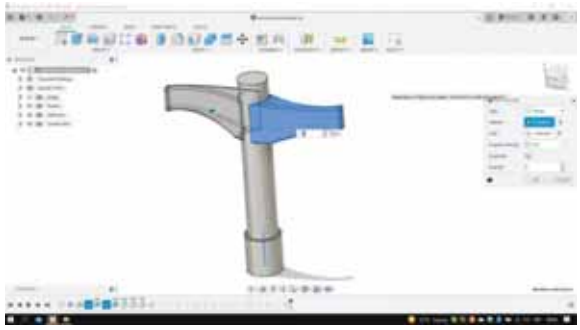
Kako bismo zaoblili oštre ivice na predmetu i time mu dali bolji estetski izgled, koristimo opciju „Zaobliti“ *(Filet)*. Naime, ova opcija pruža mogućnost zaobljenja ivica za proizvoljnu vrednost (radijus) koji se unese nakon aktivacije opcije „Zaobliti“ *(Filet)* i selekcije linije na kojoj je potrebno izvršiti traženu operaciju (slika 8).



Slika 8. *Korišćenje opcije „Zobliti“ (Filet).*

2.6. Opcija „Kružni šablon“ *(Circular pattern)*

Kada je potrebno skicu ili već kreirani 3D objekat umnožiti i radijalno rasporediti koristimo opciju „Kružni šablon“ *(Circular pattern)*. U ovom slučaju, potrebno je kreirati još jednu ručicu ključa koja će se nalaziti simetrično u odnosu na centralnu vertikalnu osu objekta.



Slika 9. *Korišćenje opcije „Kružni šablon“ (Circular pattern)*

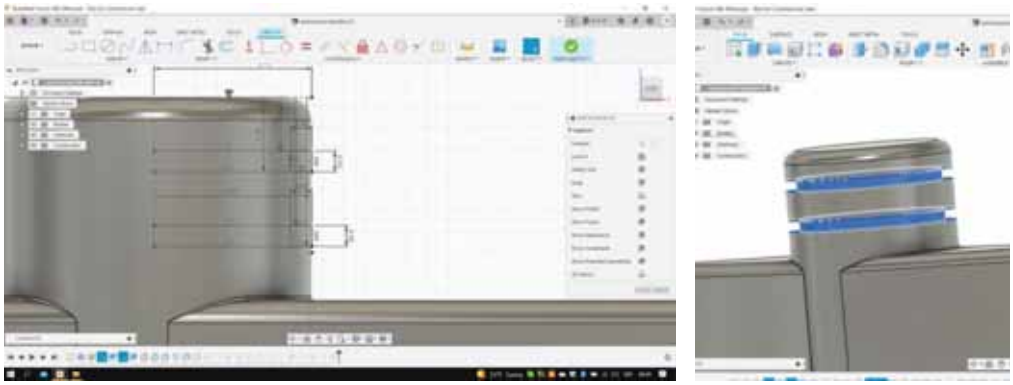
2.7. Estetske modifikacije modela

Prilikom izrade pojedinih modela koji će se frekventno koristiti ponekad je neophodno voditi računa o dizajnu tj. estetskom izgledu samog modela. Na slikama 10-12 prikazane su modifikacije na modelu estetske i funkcionalne prirode.

2.7.1. Kreiranje žljebova u modelu

Kako bismo napravili žljebove u materijalu, možemo koristiti opciju „Obrnuti“ *(Revolve)*. Naime, potrebno je kreirati novi skeč u kome ćemo konstruisati oblik žljeba koji ćemo uz pomoć „Obrnuti“ *(Revolve)* funkcije okrenuti oko izabrane ose i odabrati opciju „Iseći“ *(Cut)* u odeljku „Opcije“ *(Options)*, kao i kod opcije „Izdužiti“ *(Extrude)* (slika 10). Takođe, iz

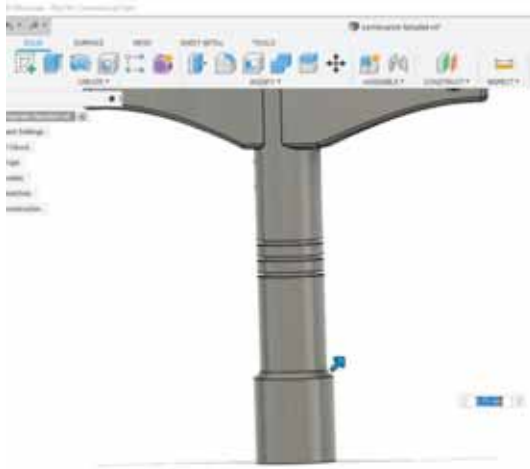
estetskih razloga, istu operaciju obavili smo i na središnjem delu tela ključa, ovoga puta tri žljeba (slika 11).



Slika 10. *Opcija „Obrnuti“ (Revolve) za usecanje žljebova.*

2.7.2. Opcija „Oboriti ivice“ *(Chamfer)*

Opcija slična opciji „Zaobliti“ *(Filet)* je „Oboriti ivice“ *(Chamfer)*. Obe opcije se aktiviraju i koriste na isti način. Razlika je u tome što opcija „Zaobliti“ *(Filet)* stvara radijus između dve površine, dok „Oboriti ivice“ *(Chamfer)* stvara zaravnjenje, tj. kosinu (slika 11).

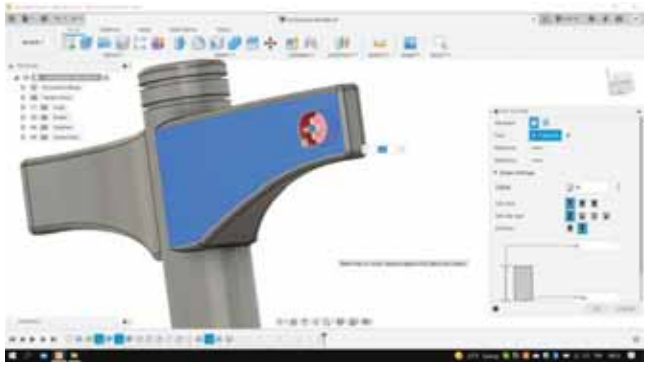


Slika 11. *Opcija „Oboriti ivice“ (Chamfer).*

2.7.3. Kreiranje rupa u 3D modelu

Kroz materijal rupa se može probušiti na više načina. Najćešće se koristi opcija „Izdužiti-Isećі“ *(Extrude –Cut)* ukoliko je potrebno probušiti rupu upravno u odnosu na ravan crtanja, prilikom ove operacije moguće je podesiti ugao ravni, ali to iziskuje više vremena. Kao druga

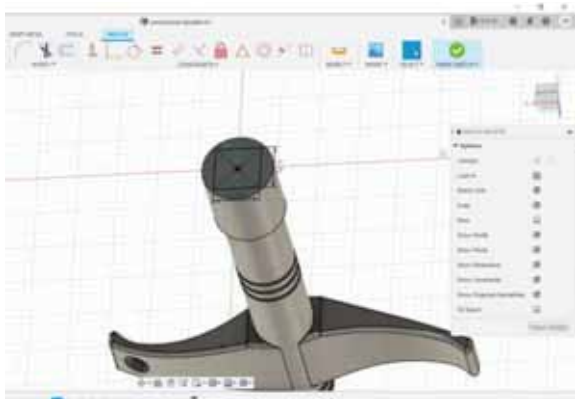
opcija može se koristiti „Napraviti rupu“ *(Create hole)* gde se rupa buši upravno na bilo koju odabranu površinu, bez obzira na njeno zakrivljenje i odstupanje od osnovnih ravni koordinatnog sistema. Naknadno se mogu odrediti dimenzije i pozicija rupe, kao i obrada ivica rupe (slika 12). Ova operacija će pored estetskog imati i funkcionalni značaj kada se model izradi i bude spreman za eksploataciju.



Slika 12. *Proces bušenja rupe uz pomoć opcije „Napraviti rupu“ (Create hole).*

2.8. Pravljenje otvora za šraf

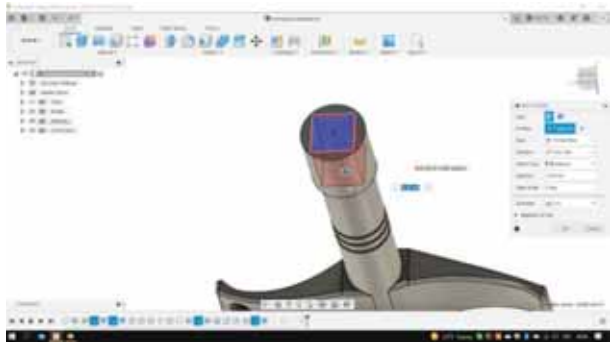
Kako bi ključ bio potpuno funkcionalan neophodno je na donjem kraju (osnovi) napraviti otvor koji će se koristiti za prihvat glave šrafa za bubnjeve i time omogućiti otpuštanje ili dotezanje. Otvor je četvrtka dimenzija 5,75x5,75mm. Najlakši način konstruisanja ovog otvora je kreiranje nove skice na bazi tela ključa, tako što ćemo odabrati opciju „Centralni Pravougaonik“ *(Central rectangle)* pomoću koje od centra osnove upisujemo kvadrat naknadnim dimenzionisanjem stranica (slika 13).



Slika 13. *Kreiranje skice na osnovi ključa.*

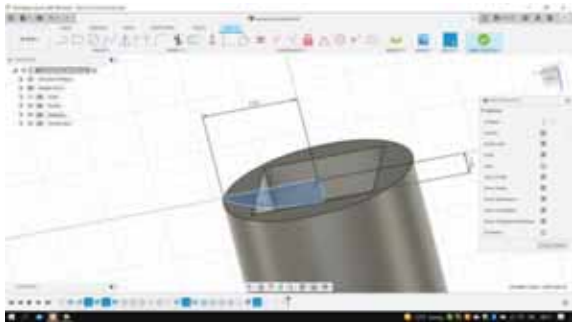
Sledeća operacija koju je potrebno izvršiti je „Izdužiti“ *(Extrude)*, kojom ćemo useći konstruisani kvadrat u telo ključa (slika 14).

Kako bismo zaoblili osnovu ključa, tj. dali joj isečak dela lopte, neophodno je promeniti ravan crtanja i nacrtati 2D oblik (slika 15), koji ćemo uz pomoć opcije „Obrnuti“ *(Revolve)* zarotirati oko centralne ose i time iseći traženi oblik (slika 16). Ovaj inženjersko-dizajnerski potez će na finalnom proizvodu umnogome olakšati sam proces prihvata šrafa jer će zaobljene ivice usmeravati šraf u rupu na ključu predviđenu za prihvat.

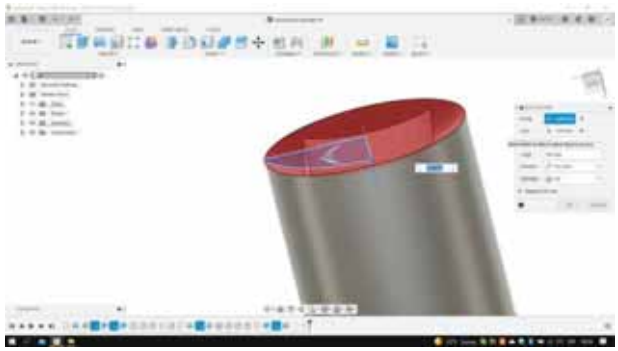


Slika 14. *Kreiranje otvora za prihvat šrafa.*

Skica se crta tako što pre svega postavimo horizontalnu i vertikalnu liniju koju ćemo povezati linijom „Spline“ *(Spline)* ili isečkom dela kruga.

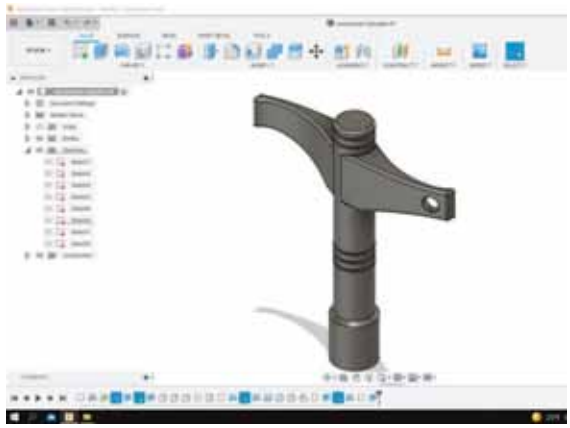


Slika 15. *Konstrukcija 2D skeča koji će nam poslužiti kao kontura za opciju „Izdužiti“ (Revolve)*



Slika 16. *Kreiranje isečka opcijom „Izdužiti“ (Revolve).*

Kada smo izvršili sve navedene operacije do sada, možemo smatrati da je element ključ za štimovanje bubnjeva u potpunosti definisan, što se vidi na stablu sa leve strane (slika 17) i spreman za izradu.



Slika 17. *Konstrukcija 3D modela ključa za štimovanje bubnjeva, spremnog za izradu.*

3. ZAKLJUČAK

Pored osnovnih opcija i alata koje su predstavljene u ovom radu, Fusion 360 nudi široku paletu alata koja može biti korištena u različitim situacijama u zavisnosti od dizajna elementa koji se konstruiše. Za sve ove operacije, obavljane na tradicionalni način tj. na hartiji pre nekoliko decenija bilo je potrebno znatno više vremena i veština. Evidentno je da je savremena tehnologija i moderan softver poput Fusion 360, omogućio konstrukciju složenog 3D modela za svega nekoliko časova. Programi za tehničko crtanje su, može se reći, već sad dovedeni do savršenstva, ali uzimajući u obzir da se tehnologija vrtoglavo razvija, kroz nekoliko godina možemo očekivati inovacije i u programima za tehničko crtanje koje će dodatno olakšati proces konstruisanja i pripreme konstruisanog modela za izradu. Takođe, moderni softveri olakšali su proces dizajniranja modela za koje je pored funkcionalnosti bitan i estetski izgled. Ranijih godina, bilo je potrebno izraditi makete i modele potencijalnih proizvoda kako bismo u potpunosti mogli da sagledamo njihov dizajn. Sada to možemo da uradimo u svega nekoliko klikova koristeći savremenu 3D tehnologiju crtanja. Tradicionalni načini tehničkog crtanja polako idu u istoriju, tj. zamenjuju ih savremeni programi koji su bazirani na osnovama tradicionalnog tehničkog crtanja.

LITERATURA

[1] https://arquitecturaviva.com/articles/how-life-before-autocad-looks-like-1

[2] Galijan, H., Sirovatka G. (2017). *Tehničko dokumentiranje - od crtanja rukom do izrade računalnog modela i vizualizacije novog proizvoda*. Polytechnic and design, 5 (1), 37-43.

[3] Ovčar, J. (2015). *Važnost tehničkog crtanja i nacrtne geometrije u formiranju stručnog profila inžnjera graditeljstva*. Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu, 6 (1), 53-65.

[4] Kljajin, M., Opalić M. (2010). *Inženjerska grafika*, Strojarski fakultet u Slavonskom brodu, Slavonski brod

[5] https://www.autodesk.com/products/fusion-360/personal

Maida Mušanović, dipl.ing.mašinstva[1]

Pregledni rad
UDK 629.3.014.9:656.1.052

KADA SVIJETOM ZAVLADAJU AUTONOMNA VOZILA

Sažetak

Razvoj autonomnih vozila naglo je porastao zadnjih nekoliko godina. Novi načini rješavanja gustog saobraćaja i olakšavanja vožnje doveo je do nastanka autonomnih vozila. Ova vozila predstavljaju jedan od najvećih tehnoloških dostignuća i očekuje se da će u bližoj budućnosti zavladati svijetom. Cilj ovakvog vozila je ugradnja računala sa što većom memorijom u što manji prostor. Autonomna vozila stvaraju se zbog uvođenja olakšica i prednosti kao što su smanjeno zagađivanje okoliša, smanjena potrošnja energije, povećana mobilnost, olakšana vožnja i sl. Ali bitno je napomenuti da uvođenjem ovih vozila dolazi do problema u cestovnom saobraćaju. Saobraćajnice bi trebale biti modernizovane i prilagođene ovom tipu vozila, s tim da bi bilo potrebno voditi računa kad su u pitanju autonomna vozila, trake trebaju biti prilagođene svakom nivou autonomnosti vozila jer ne mogu u istoj traci saobraćati vozila različitih nivoa inteligencije. Uporedo sa ovim vozilima razvijaju se etičke i pravne norme koje će djelovati u skladu sa zakonima namijenjenim za ta vozila. Etika i pravo stvorit će rješenje za probleme nastale prilikom sudara ili narušavanja okoline koja prouzrokuju ova vozila.

Ključne riječi: vozila, automatizacija, inteligencija, razvoj, budućnost

Summary

The development of autonomous vehicles has grown rapidly in the last few years. New ways of dealing with heavy traffic and facilitating driving led to the emergence of autonomous vehicles. These vehicles represent one of the greatest technological achievements and are expected to dominate the world in the near future. Autonomous vehicles are created with the aim of introducing benefits and advantages such as reduced environmental pollution, reduced energy consumption, increased mobility, easier driving, etc. But it is important to note that the introduction of these vehicles causes problems in road traffic. The roads would have to be modernized and adapted to this type of vehicle, with the fact that it would be necessary to take care when it comes to autonomous vehicles, the lanes would have to be adapted to each level of vehicle autonomy, vehicles of different levels of intelligence cannot travel in the same lane. Along with these vehicles, ethical and legal norms must be developed that will act in accordance with the laws intended for these vehicles.

Keywords: vehicles, automation, intelligence, development, future

1.Uvod

Još u prošlom stoljeću vojna industrija je počela najavljivati autonomna vozila. Do prije samo nekoliko godina takve izume smo mogli gledati samo na filmovima. Danas sa razvojem nauke i tehnologije vozila se počinju što više automatizovati, do te mjere da u skorijoj budućnosti očekujemo da će preovladati autonomna vozila koja će imati mogućnost da samostalno, bez upravljanja čovjeka, odvezu putnike ili teret od početne do krajnje tačke, a da pri tome ne

[1] Mješovita srednja škola Živinice

ugroze nikoga u saobraćaju. Etičke i pravne osnove biti će tačno određene do stavljanja ovih vozila u promet na našim cestama.

Pred automobilsku industriju su stavljeni veliki izazovi, naročito od konkurencije sa Dalekog Istoka kad je u pitanju pronalaženje alternativa za korištenje nafte. Zato se zadnjih godina automobilska industrija okreće razvoju autonomnih vozila i u njih ulaže najveće investicije. Uvođenjem ovakvih vozila doprinijelo bi se značajnom smanjenju zagađenja okoliša i uvele olakšice u putovanju kada su u pitanju velike gradske gužve ali i duge vožnje.

Pojam autonomno vozilo označava vozilo koje je sposobno samostalno da precipira okolinu i da se kreće samo ili uz minimalnu pomoć čovjeka. Inteligencija ovog vozila bi trebala dostići inteligenciju čovjeka i moć samostalnog donošenja odluka u raznim situacijama.

Za svako vozilo možemo reći da ima neki stepen autonomnosti i na osnovu toga možemo ih razvrstati po kategorijama, što je prikazano na slici 1.

Razina	Naziv	Upravljanje volanom i ubrzavanje/usporavanje	Promatranje okoline	Kontrola u slučaju greške	Sposobnosti sustava
0	Bez automatizacije	čovjek	čovjek	čovjek	-
1	Pomoć vozača	čovjek i sustav	čovjek	čovjek	neke
2	Djelomična automatizacija	sustav	čovjek	čovjek	neke
3	Uvjetna automatizacija	sustav	sustav	čovjek	neke
4	Velika automatizacija	sustav	sustav	sustav	neke
5	Potpuna automatizacija	sustav	sustav	sustav	sve

Slika 1. Kategorije autonomnosti vozila

Kategorija 0 predstavlja potpuno mehanički sistem vozila bez ikakve automatizacije. Što znači, da vozač samostalno obavlja sve radnje dok vozi.

Kategorija 1 predstavlja najniži stepen automatizacije, sa minimalnom inteligencijom uključenom u sistem, tako da vozilo može preuzeti kontrolu nad volanom, ali može i samostalno ubrzati, odnosno usporiti. Bitno je napomenuti da radnje ubrzanja i usporenja ne može istovremeno obavljati, nego samo jednu.

Kategorija 2 predstavlja vozila koja se mogu samostalno kretati i preuzeti upravljanje radnjama koje su navedene u kategorije 1. Iako vozilo može samostalno upravljati, potreban je čovjek da prati kretanje vozila i bude spreman da u svakom trenutku preuzme upravljanje.

Kategorija 3 je prvi veći tehnološki napredak. Vozila iz ove kategorije mogu pratiti kretanje ostalih vozila i donositi neke odluke poput toga da vozilo može ubrzati ako ispred njega nema ništa ili usporiti ako primijeti nešto. Vozač je dužan u svakom trenutku da bude u stanju preuzimanja upravljanja i odlučivanja, naročito u nekim rizičnim sitacijama gdje bi vozilo izazvalo nesreću.

Kategorija 4 grupiše vozila koja se mogu samostalno, bez čovjeka, kretati na određenim područijma. Dok na svim ostalim područijma mogu donositi neke odluke i javljati sistemu greške, ali je u tom slučaju potrebna čovjekova kontrola. Ovakav tip vozila najbolje funkcioniše na otvorenom putu, dok u velikim gradskim gužvama zahtjevaju pomoć čovjeka prilikom donošenja odluka.

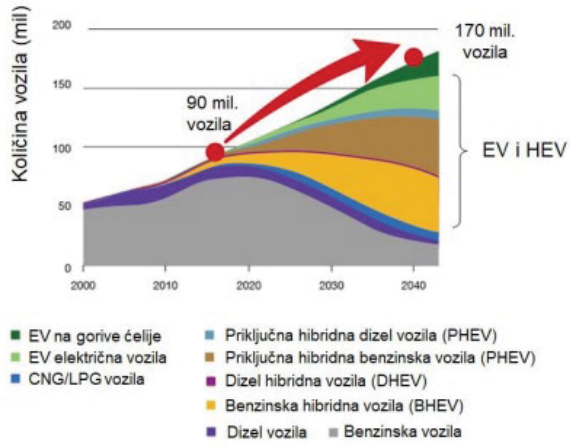
Kategorija 5 su vozila budućnosti koja su potpuno automatizovana i mogu se kretati bez pomoći čovjeka od početne do završne tačke. Ova vozila imaju najveći stepen automatizacije koji se vremenom sve više usavršava. Osim ugradnje velike inteligencije kojoj se teži od samog nastanka ovih vozila, ona bi trebala biti i dosta ekonomičnija u odnosu na ostala vozila.

Neka od poznatijih autonomnih vozila danas su: Tesla, Waymo, Zoox i Apitiv. Bitno je napomenuti da se ova vozila još uvijek ne mogu svrstati u kategoriju 5, te da još uvijek nije proizvedeno potpuno automatizovano vozilo sa osobinama iz posljednje kategorije. Potrajaće još vremena da bi potpuno zaživjela vozila iz kategorije 5, jer pored konstrukcije ovakvog vozila potrebno je riješiti pravne norme koje se odnose na preuzimanje odgovornosti u slučaju nanošenja štete nekome iz okoline, kao i etičke norme kad vozilo samostalno treba da donese ispravnu odluku kako da postupi u nekoj situaciji.

Na slici 2. možemo vidjeti kako naučnici predviđaju da će rasti proizvodnja automobila u skorijoj budućnosti. Sa slike vidimo da će električna vozila početi u što većoj mjeri da potiskuju klasiče otto i dizel motore koji se nalaze u automobilima koje danas vozimo.

Usavršavanje ovih vozila najviše se bazira na razvijanju baterije koja će imati duži životni vijek i neki način punjenja u toku vože ili dok automobil miruje na parkingu. Baterija je jedan od bitnijih organ za funkcionisanje ovih vozila i zato im se daje poseban značaj.

Budućnost ovih vozila je još uvijek pod lupom naučnog svijeta i svakodnevnim istraživanjima doprinosi se njihovom napretku.



Slika2. Rast i razvoj proizvodnje automobila u budućnosti

2. Konstrukcija autonomnih vozila

Autonomnim vozilom smatramo ono vozilo koje ima sposobnost potpune spoznaje okruženja u kojem se nalazi i djelovanja na isto bez uticaja čovjeka. To se postiglo zahvaljujući ugradnji senzora i upravljačkih sistema sa velikim stepentom inteligencije koji omogućavaju samostalno kretanje od polazišta do krajnje tačke bez sudjelovanja čovjeka u tom kretanju.

Najbitniji organi u ovim vozilima su napredni senzori koji služe za prikupljanje informacija iz okoline koje obrađuju preko sofisticiranih algoritama uz pomoć računala snage koji to sve obavlja u relanom vremenu. Senzori funkcionišu kao tim iako rade zasebno, jer svaki senzor nadopunje rad drugog senzora i dopunjavaja njegove slabosti. Autonomna vozila rade na principu robota osjeti-planiraj-djeluj. U nekim kritičnim slučajevima komponenta planiraj djeluje toliko kratko traje da možemo pomisliti da je uopšte nema. Npr. kad se neka prepreka nalazi na maloj udaljenosti od vozila pa je potrebno pokrenuti naglo kočenje da bi se zaustavilo vozilo ili izbjegla prepreka.

Razvojem ovih vozila počela se razvijati posebna naučna disciplina, kao dio elektro-mašinstva nazvana Mehatronika. Najveća primjena mehatroničkih uređaja je upravo u automobilskoj industriji, za potrebe povećavanja autonomnosti vozila.

Postoje dvije vrste senzora koji se ugrađuju u autonomna vozila, a to su aktivni i pasivni senzori. Njihova razlika se ogleda u tome što aktivni senzori imaju sposobnost da signal koji su prikupili ponovo odašilju u okolinu, dok pasivni senzori samo prikupljaju signale. Bitno je istaknuti da jedan senzor ne može samostalno funkcionisati, nego oni funkcionišu kao cjelina.

Dva najzastupljenija senzora u ovim vozilima su Radar i Lidar senzori. Radar senzori rade na principu da prepoznaju i prate udaljene objekte pomoću radiovalova koje šalju u okolinu, te nakon što se reflektuju od objekta vraćaju se sa korisnim povratnim informacijama. Lidar senzor koristi infracrvene laserske zrake za posmatranje i praćenje objekta.

Smatra se da će proći još puno godina dok se ova vozila ne usavrše u potpunosti. I dalje će se proizvoditi automobili čiji motori se pokreću klipnim motorima na benzinsko i dizelsko gorivo. Tek u novije automobile počinju da se ugrađuju hibridni sistemi koji samo djelimično potiskuju klasične automobilske motore na gorivo. Baterijska i hibridna vozila prvo su počela da se primjenjuju u urbanim sredinama, ali zbog najvećeg nedostatka kratkog vijeka baterije još uvijek nisu pouzdana za dužu vožnju.

Procjenjuje se da će razvoj infrastrukture riješiti te probleme u slijedećem desetljeću, što će pridonijeti razvoju urbanog prometa i kvaliteti života. Paralelno s razvojem električnih vozila razvijaju se i stanice za punjenje električnih vozila na temelju čistih i obnovljivih izvora energije, energije sunca i energije vjetra, koje neće opterećivati postojeću mrežu. Stanice će sunčevu energiju pohraniti u baterije koje će se zatim koristi za punjenje električnih vozila. Također, dijelovi karoserije će poslužiti kao paneli za punjenje baterija.

Na slici 3. imamo prikaz razvoja modela autonomnih vozila. Na prvoj slici vidimo mini automobil koji će biti namjenjen samo za kraće udaljenosti i manje putnika, zapravo to će biti neki model osobnog automobila. Drugi automobil je razvijenija verzija prethodnog automobila koji će moći da ide na malo duže relacije i poveze više od dva putnika. Treća slika je najsavremeniji model autonomnog vozila koji će potpuno potisnuti automobile današnjice, a imati će sve mogućnosti kao i vozila novije klase koja možemo danas vidjeti.

Slika 3. Razvoj modela autonomnog vozila

3. GPS

Globalni pozicijski sistem ima veliku ulogu kod ovih vozila, jer prikuplja podatke pomoću satelita koji neprekidno kruže oko Zemlje. Ovo olakšava određivanje lokacije na koju vozilo treba da ode, te mogućnost praćenja vozila u svakom trenutku. Princip rada ovog sistema temelji se na velikom stepenu stabilnosti, velikoj tačnosti mjerenja vremena i velikoj pouzdanosti.

GPS senzori će omogućiti dijeljenje automobila, odnosno automobili će se više iznajmljivati nego kupovati, naročito u urbanim sredinama. Iznajmljivanje automobila će biti omogućeno preko mobilnog uređaja na kojem će se prikazivati automobili u bližoj okolini, način rezervcije, vrijeme rezervacije, cijena, te ostale pogodnosti i osobine automobila.

Ovo će dovesti do novog načina poslovanja i otvaranja agencija za iznajmljivanje automobila.

Danas možemo vidjeti kako su urbane sredine neprohodne, gužve su velike, teško je naći parking mjesto, pješaci nemaju slobodu i sigurnost tokom kretanja. Sve predhodno navedeno teži da olakša urbani život u periodu najvećih gužvi, osigura kretanje pješaka, pruži veću sigurnost i održivost urbanog života.

4. Algoritmi autonomnih vozila

Da bi autonomno vozilo dostiglo čovjekovu inteligenciju mora biti isprogramirano tako da je pouzdano u svakom trenutku i da odluke koje donosi budu sigurne i bezbjedne za okolinu. To se postiže pomoću algoritama koji određuju tačne vrijednosti.

Kalmanov filtar koristi princip kombinovanja dobivenih podataka sa dva ili više senzora i na osnovu tih proračuna šalje naredbu. Kalmanov algoritam se koristi za računanje pozicije sa minimalnom greškom i filtriranje zašumljenih signala. Pomoću ovog algoritma proračune iz prethodnog koraka možemo koristiti za naredni korak. Kalmanov filtar procjenjuje stanje procesa u nekom vremenskom trenutku i zatim dobiveni rezultat mjerenja prati šumom. Jednačine Kalmanovog filtra mogu se podijeliti u dvije grupe: jednačine vremenskog osvježavanja (predikcije) i jednačine osvježavanja (korekcije) mjerenjem. Prva grupa jednačina, računa apriornu procjenu stanja u trenutku k iz procjena dobivenih u prethodnom trenutku k-1. Druga grupa jednačina, računa aposteriornu procjenu optimirajući apriorni

rezultat uvođenjem mjerenja. Zapravo se konačni algoritam diskretnog Kalmanovog filtra može opisati pomoću beskonačne petlje u kojoj se neprestano izmjenjuju obje grupe jednačina sa ciljem procjene trenutnog stanja procesa. Ukoliko su navedeni uvjeti zadovoljeni Kalmanov filtar za takve procese daje najbolje moguće rezultate. Ako su modeli procesa nelinearni onda se raznim tehnikama poput EKF-a pokušava optimalno linearizirati uz prisutnost neizostavne aproksimacijske greške. Linearizacija je onoliko ispravna koliko je stvarno ponašanje procesa moguće opisati Gaussovom razdiobom jer u slučaju aproksimacije višemodalnog procesa unimodalnom razdiobom estimacije su najčešće netačne. Prednost Kalmanovog filtra je rekurzivnost jer nije potrebno pamtiti sva prethodna mjerenja, već se u trenutnoj iteraciji koristi samo najbolja estimacija prethodnog stanja procesa koja je rekurzivno određena na temelju svih prethodnih mjerenja. Iako navedena ograničenja Kalmanovog filtra sužavaju mogući prostor primjene, dobiveni su zadovoljavajući rezultati za većinu zanimljivih i korisnih procesa poput upravljanja objektima u avionskoj i automobilskoj industriji.

Još jedan korišten algoritam je Markovljev lanac kod kojeg trenutni proračuni trenutnog stanja ne zavise od prethodnih proračuna stanja. Za dobivanje konačnog rezultata ove algoritme ćemo interpolirati Kalmanovim filtrom i dobiti rezultat. Markovljev lanac (proces) je stohastički proces koji zadovoljava tzv. Markovljevo svojstvo: ponašanje procesa u (neposrednoj) budućnosti i ponašanje u prošlosti uvjetno su nezavisni uz danu sadašnjost. Markovljeve lance možemo podijeliti na stacionarne i nestacionarne. Za Markovljeve lance koji imaju svojstvo stacionarnosti prijelazne vjerojatnosti ne ovise o koraku, odnosno trenutku. Veza između slučajnih varijabli zadana je prijelaznim vjerovatnostima. Prvi korak u analizi Markovljevog lanca u neprekidnom vremenu $(Xt\ ,\ t \geq 0)$ je identificirati njegovu strukturu. Treba naglasiti da proučavamo samo minimalne lance, one koji završavaju nakon eksplozije. Zatim, konstruira se Markovljev lanac u neprekidnom vremenu pomoću Markovljevog lanca u diskretnom vremenu $(Zn,\ n \in N)$ gdje nakon konstrukcije zaključujemo da je $(Zn,\ n \in N)$ proces skokova procesa $(Xt\ ,\ t \geq 0)$. Primjeri takvih lanaca je Poissonov proces i proces radanja.

Jedan bitan algoritam korišten kod ovih vozila je SIFT, odnosno algoritam računalnog vida koji veoma brzo u datom trenutku može pratiti stanje u okolini i vršiti proračune. Zadnjih godina je naprvljena nova i brža verzija ovog algoritma nazvana SUFT.

Ova vozila posjeduju kompleksan programski kod od preko 100 milijona linija koda i algoritme koji su mozak autonomnog vozila. Drugim riječima, inteligencija ovih vozila zavisi od stepena izgrađenosti algoritama u programu.

5. Pravne i etičke norme

Autonomna vozila nisu dovela samo automobilsku industriju do napretka i velikih promjena, nego i ostale grane nauke. Sa razvojem autonomnih vozila uporedo razvijaju se novi zakoni i standardi namijenjeni za ovaj tip vozila.

Na samom početku fokus je bio okrenut samo konstruisanju ovakvog vozila. Vremenom uvidjelo se da bi ovakav tip vozila u određenom trenutku mogao da stvori neku neželjenu situaciju i pri tome nanese velike štete okolini, pa su stučnjaci došli do pitanja ko treba odgovarati u tom slučaju? Baš zbog toga počeo je razvoj pravnih propisa koji uključuju etičke norme.

Kad su ova vozila bila daleka budućnost i samo mašta o pravnim i etičkim normama niko nije razmišljao. Međutim sa razvojem ovih vozila ovi problemi su postali značajni i počeo im se pridavati veliki značaj.

Autonomna vozila, naročito u velikim gradskim gužvama, mogla bi da donose neke sebične odluke koje bi ugrozile druge učesnike u saobraćaju, ali i pješake.

Npr. ova vozila bi na osnovu svoje inteligencije samostalno donosili odluke o pojačavanju ili smanjenju brzine ili mijenjanju traka što bi moglo dovesti do saobraćajne nesreće. Sa druge strane, s obzirom na situaciju u cijelom svijetu i razvoj terorističkih društava i napada, ko bi mogao spriječiti teroristu u da takav automobil napuni eksplozivnom napravom i pošalje ga na određenu lokaciju? A ko bi odgovarao u tom slučaju, da li vlasnik vozila ili proizvođač? Odgovori na ova pitanja su u procesu realizacije još uvijek.

Sa etičkog gledišta bitno je ko će se u određenoj situaciji žrtvovati i koji će najbolji odgovor biti donesen da se zaštiti čovjekov život i imovina. Etičke odluke teže da zaštite čovjeka na ispravan način, ali šta ako nastane situacija da se mora birati između dva ljudska života?

Npr. ako se autonomno vozilo nađe na putu na kojem pješak prelazi cestu i treba da ga izbjegne a pored cestom idu djeca iz škole. U oba slučaja bit će ugroženi ljudski životi, ali etičko pitanje se stavlja na odluku autonomnog vozila šta će izabrati u toj situaciji.

Pravne norme teže da ustanove ko je krivac ukoliko bude izazvana saobraćana nesreća i ko treba da snosi posljedice. Također, pravnim normama će biti utvrđene kazne koje će biti izrečene ukoliko se dokaže da je autonomno vozilo izazvalo saobraćajnu nesreću i time prouzrokovalo materijalnu štetu.

Osiguravajuće kuće također moraju da promijene svoje pravilnike koji se odnose na određivanje nanesene materijalne štete i isplaćivanja iste.

Autonomna vozila će upravo zbog pravnih i etičkih normi još nekoliko godina morati čekati kako bi zavladala svijetom i potisnula ostala vozila iz cestovnog saobraćaja. Pored mrežne infrastrukture i to su dvije kočnice u sistemu razvoja ovih vozila.

Zato se može očekivati da će se ova vozila najprije raširiti u razvijenim zemljama sa uređenim pravnim statusom, prije nego kod nas. Pored svega najbitnije je na prvo mjesto staviti sigurnost čovjekovog života, pa se nadamo da će pravnici donijeti odgovarajuće zakone koji će zaštiti ljudsku populaciju na pravi način.

6. Zaključak

Razvoj nauke i tehnologije teži ka tome da u budućnosti autonomna vozila nadvladaju sva ostala vozila, ali zbog nedovoljnog razvoja nauke i tehnike trenutno to nije moguće u bližoj budućnosti. Uvođenjem autonomnih vozila znatno bi se olakšalo putovanje i smanjio broj saobraćajnih nezgoda. Međutim, da bi se mogla primijeniti ova zamisao potrebno bi bilo cijeli cestovni promet izmijeniti, odnosno prilagoditi ga autonomnim vozilima, jer bi u suprotnom ova vozila stvarala probleme i nanosila velike štet okolini za koje ne bi imao ko da odgovara. Čovjek još uvijek nema veliko povjerenje u računare i robote, te smatra da jedan računarski sistem ne može nadvladati čovjekovu inteligenciju i uklopiti se u čovječanstvo kao sam čovjek.

Zato možemo reći da kada ovo naučno otkriće dostigne svoj vrhunac započet će jedna nova era koja će izazvati veliki preokret za cijelo čovječanstvo. Ali u Evropi, kao i u većem dijelu svijeta ova ideja još uvijek nije potpuno podržana, kako zbog ekonomskih tako i zbog tradicionalnih razloga.

Kod autonomnih vozila mehaničke sisteme u velikoj mjeri zamjenjuju električne komponente, što smanjuje pojavu neispravnosti i povećava učinkovitost motora. Sa dobrom tehnologijom biti će i duži životni vijek ovakvog vozila. Elektromotori imaju manje pokretnih dijelova, što smanjuje neispravnosti, te rezultira manjim održavanjem i dužim vijekom trajanja.

Kako automobili teže autonomnosti time se javljaju potrebe za mijenjanjem zakona o odgovornosti čime će biti identificirane stranke odgovorne za štete i ozljede, te na pravi način donešene kaznene mjere.

Dizajn ovih vozila posvetiti će se sigurnosti i udobnosti ovih vozila, boljem komforu, većom fleksibilnošću ali i u ekonomičnom smislu da budu prihvatljiva za veći dio čovječanstva.

Literatura

[1] Szeliski R.: Computer Vision, Alghorithms and Applications; Springer-Verlag London Limited, 2011

[2] http://www.racunalo.com/njemacka-prihvatila-zakon-o-autonomnim-vozilima/ ; pristupljeno: 12.08.2017

[3] Levels of Automation https://autoalliance.org/wp-content/uploads/2017/07/AutomatedVehicles-Levels-of-Automation.pdf, pristupljeno u siječnju 2020.

[4] Varghese J., Boone R.: Overview of Autonomous Vehicle Sensors and Systems, 2015.

[5] Friedrich B.: The Effect of Autonomous Vehicles on Traffic, 2016

[6] Litman, T.: Autonomous Vehicle Implementation Predictions Implications for Transport Planning. Victoria Transport Policy Institute, 2017

Dinela Mehić[1]
Džino Jefto[2]
Kovijanić Tijana[3]

Stručni rad
UDK 519.876.5:007.52

VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA I SIMULACIJA, KONCEPTI I OBLASTI PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE

1. UVOD

Brzi napredak i tehnike u razvijenim zemljama i težnja naše zemlje da se uključi u takve tokove. nameće potrebu za praćenjem niza savremenih tehnologija, među kojima je i robotika, koja u sebi podrazumijeva vještačku inteligenciju.

Vještačka inteligencija je proizvela mnoge značajne i impresivne proizvode, čak i u svojoj ranoj fazi razvoja. Iako niko ne može predvidjeti budućnost u detalje, jasno je da kompjuteri na ljudskom nivou inteligencije imaju veliki uticaj na naš svakodnevni život i na dalji tok civilizacije.

U prvom poglavlju je sam uvod seminarskog rada. U drugom pogavlju se radio o vještačkoj inteligenciji i simulaciji, dok u trćeme poglavlju pričam o osnovnom konceptu vještačke inteligencije. I u četvrtom poglavlju sam pisala na temu oblast i primjena vještačke inteligencije.

2. VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA I SIMULACIJA

Vještačka inteligencija je proizvela mnoge značajne i impresivne proizvode, čak i u svojoj ranoj fazi razvoja. Osnovni ciljevi:

Razmišljati humano	Razmišljati racionalno
Djelovati humano	Djelovati racionalno

Razmišljati humano: cognitive model.

1960 „cognitive revolution“: računarski modeli iz vještačke inteligencije i eksperimentalne tehnike iz psihologije. Potrebne su naučne teorije o internim aktivnostima mozga. Kako potvrditi saznanja:

- Predviđanjem i testiranjem ponašanja ljudi (top down)
- Direktnom identifikacijom dobijenih podataka (bottom-up)

Razmišljati racionalno.

Aristotel: koji je konkretan proces razmišljanja? Nekoliko grafičkih filozofdkih škola su razvile različite forme logike: notacije i pravila porijekla misli. Postoji direktan veza od matematike i filozofije do oblasti vještačke inteligencije.

[1] Student, Evropski univerzitet „Kallos“ Tuzla

Problemi:

- Nije uvijek ljudsko ponašanje po određenim pravilima.
- Koja je svrha razmišljanja?

Djelovati humano:

Turing Test[2]

- Da li mašina zna da misli? , Da li mšina može da se ponaša inteligentno?
- Odgovori na pitanja – da li odgovara mašina ili čovjek?

Slika 1.: Turingov test.

Djelovati racionalno: racionalni agenti.

Racionalno ponašanje: raditi ispravnu stvar. Ispravna stvar: od koje se očekuje da maksimizuje cilj, na osnovu trenutnih informacija. Nije neobhodno uključivati i razmišljanje – refleksno ponašanje – ali proces razmišljanja treba da bud u funkciji racionalnog ponašanja.

Racionalni agenti.

Agent[3] je entitet koji prima informacije i djeluje. Apstraktno, agent je funkcija preslikavanja od skupa primljenih informacija na skup akcija: [f : p - A]. Za svaku klasu okruženja i zadataka, potrebno je pronaći agenta (ili klasu agenata) sa najboljim perfomansama. Nedostatak: Limit sistema dovodi do nemogućnosti realizacije perfektne racionalnosti ------ projektovati najbolji program za date računarske resurse.

Vještačka inteligencija (VI)

Pronalaženje tehnika koje bi nam omogućile da isprogramiramo mašine tako da one simuliraju ili proširuju naše mentalne sposobnosti.[4]

[2] Turning (1950) „Computing machinery and intelligence“
[3] Agent je bilo šta što se može posmatrati kao opažanje svakog okruženja pomoću senzora i djelovanja na okruženje pomoću aktuatora.
[4] Jackson, 1999.

Oblast vještačke inteligencije proučava mogućnost formalizacije procesa mišljenja i zaključivanja:

- Teoriju igara,
- dokazivanje teorema,
- rješavanje opštih problema,
- percepcija slike i goriva,
- prevođenje prirodnih jezika,
- rješavanje ekspertskih problema (simbolička matematika, medicinska dijagnoza, hemijske analize, inženjersko projektovanje).

Historija vještačke inteligencije.

U ranim godinama je postignut brz uspijeh sa aplikacijama iz oblasti teorije igara, dokazivanja matematičkih teorema, uobičajnog rezonovanja. Ovaj uspijeh je obećavao brz progres prema praktičnoj mašinskoj inteligenciji. WIMP (windows, icon, mous, pointer) korisnički interfejs, koji trenutno dominira među personalnim računarima.

Historija vještačenja inteligencije – I. faza.

Većina radova je obuhvatala formalne probleme koji su bili strukturirani i imali detaljno definisane granice. Prvenstveno dokazivanje teorema, razna izračunavanja, igre (šah). U ovoj fazi, naglasak je bio na razvoju generalne „mašine koja misli“ i koja bi bila u stanju da rješava čitav niz različitih problema.

Vještačka inteligencija – II. faza.

Većina uspješnih projekata su veoma usko specijalizovanji i imaju veoma specifično znanje o problemu koji rješavaju. U generalni sistem rzonovanja uvodi se znanje iz određene specifične oblasti ekspertni sistem. Ekspertni sistemi zasnovani na pravilima su razvijeni u različite svrhe: hemijske analize, konfigurisanje računarskih sistema, davanje dijagnoze pacijenata.

Vještačka inteligencija – III. faza.

Razvijen je veliki broj komercijalnih aplikacija koje koriste neuronske mreže za date mining i adaptivnu kontrolu. Metode iz biologije, kao što su genetički algoritmi, sa alternativnim logičkim sistemima, kao što je fuzzy logika[5], su počele da se koriste.

Vještačka inteligencija – danas.

Neoronske mreže (neural networks, connectionism). Manje se zasniva na formalnoj matematičkoj logici i radu sa simbolima, a više na načinima ljudskog ili prirodnog razmišljanja. U poređenju sa sistemima koji se zasnivaju na obradi simbola, neuronske mreže izvršavaju relativno jednostavne funkcije. Sposobnost neuronskih mreža da zaista uče i da se adaptiraju dobijenim zaključcima je najvažnija.

[5] Fuzzy logic ili Rasplinuta logika predstavlja uopštenje klasične logike, razvijene nad teorijom rasplinutnih skupova. Za razliku od klasične logike, u kojoj iskazi mogu imati vrijednsti tačno i netačno, rasplinuta logika pruža analitičkih aparata kojim se mogu modelirati iskazi čija istinitosna vrijednost može pripadati kontinualnom prelazu od tačnog ka netačnom.

Funkcije današnjih inteligentnih sistema.

Šta je inteligencija?

- Sposobnost opažanja i tumačenja opažanja?
- Sposobnost racionalnog manipulisanja objektima iz okruženja?
- Sposobnost rasuđivanja?
- Sposobnost sticanja, produbljivanja i primjene znanja?

JESTE, SVE TO I MNOGO VIŠE!

2.1. *Pojam vještačke inteligencije (VI)*

Historija čovjeka je istovremeno i historija napora da se razumije na koji način mislimo, odnosno kako opažam svijet oko nas, kako ga razumijemo, predviđamo, odnosno kako izlazimo na kraj sa svijetom koji je daleko kompleksniji od nas samih. Oblast vještačke inteligencije ide jedan korak dalje – njen cilj je, **ne samo da razumije ljudsku inteligenciju, već i da izgradi vještačke inteligentne sisteme.**

Vještačka inteligencija trenutno obuhvata veliki broj podoblast, od onih opšte namjene, kao što je onučavanje (learning) i percepcija, pa od specifičnih, kao što su igranje šaha, automatsko dokazivanje matematičkih teorema, pisanje poezije, medicinska dijagnostika.

Vještačka inteligencija sumira i automatizuje u okviru jedinstvene naučne discipline različite intelektualne zadatke kao takve je potecijalno relevantna za bilo koju oblast ljudske intelektualne djelatnosti. U tom pogledu vještačka inteligencija je istinski univerzalna naučna disciplina , i pored poluvijekovne historije (naziv potiče iz 1956 . godine[6]), vještačka inteligencija je i dalje oblast koju je teško precizno definisati.

Prikazatćemo četri grupe mogućih pogleda na ovu oblast, s obzirom na dihotomije po dimenziji ponašanja sistema i sposobnosti rezonovanja.

2.2. Kategorije o mogućim pogledima na vještačku inteligenciju.

[6] Termin vještačke inteligencija prvi put je upotrebio John McCarthy za vrijeme konferencije u Dartmouth College.

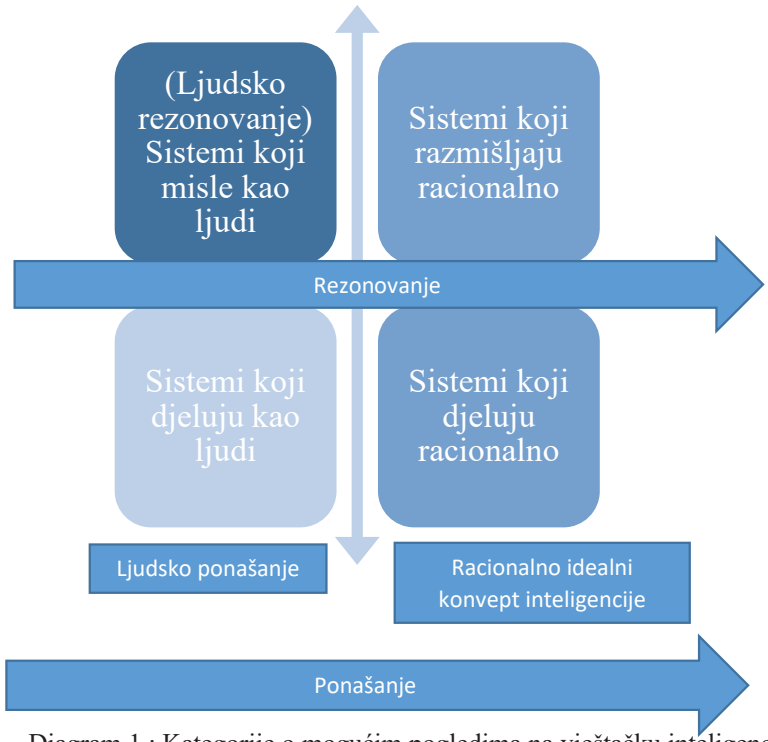


Diagram 1.: Kategorije o mogućim pogledima na vještačku inteligenciju.

I. Sistemi koji misle kao ljudi.

- Mašine sa sposobnošću mišljenja u pravom smislu te riječi.[7]
- Automatizacija aktivnosti koje su asocirane sa ljudskim mišljenjem.[8]

II. Sistemi koji razmišljaju racionalno.

- Izračunavanje mentalnih svojstava mišljenja pomoću računarskih modela.[9]
- Izračunavanje računarskih sistema koji mogu da opažaju,rezonuju i djeluju.[10]

III. Sistemi koji djeluju kao ljudi.

- Vještina sinteze sistema koji obavljaju one funkcije koje zahtjevaju inteligenciju, kad ih obavljaju ljudi.[11]
- Izučavanje sinteze sistema koji pretenduju da obavljaju poslove u kojima su ljudi za sada bolji.[12]

VI. Sistemi koji djeluju racionalno.

- Računska inteligencija je disciplina koja se bavi sintezom inteligentnih agenata.[13]

[7] Haugeland, 1985
[8] Bellman, 1978
[9] Chamiak & McDermott, 1985

[11] Kurzweil, 1990
[12] Rich & Knight, 1990
[13] Poole et sll., 1998

- Vještačka inteligencija se bavi izučavanjem inteligentnog ponašanja vještačkih sistema (artifakta).[14]

2.3. Obilježja inteligentnog ponašanja.

- Učenje ili razumijevanje na osnovu iskustva.
- Shvatanje dvosmislenih ili kontradiktornih poruka.
- Brzo i usoješno reagovanje u novim situacijama.
- Korišćenje zaključavanja u rješavanju problema i
- Snalaženje u nepredvidivim situacijama
- Razumijevanje i zaključivanje na običan, racionalan način.
- Upotreba znanja za manipulisanje okruženjem.
- Mišljenje i rezonovanje.
- Prepoznavanje relativne važnosi različitih elemenata neke situacije.

2.4. Karakteristike inteligencije čovjeka.

- Učenje i razumijevanje na osnovu iskustva.
- Traženje smisla u dvosmislenim i kontradiktornim porukama.
- Brzo i uspješno reagovanje na novu situaciju.
- Koriščenje rezonovanjem u rješavanju problema i neposredno upravljanje efektivnošću.
- Suočavanje sa zamršenim situacijama.
- Razumijevanje i izvođenje dokaza na jednostavan i racionalan način.
- Primjena znanja za upraljanje okruženjem.
- Razmišljanje i rezonovanje.
- Prepoznavanje relativne važnosti različitih elemenata u situaciji.[15]

2.5. Definicija vještačke inteligencije.

Vještačka inteligencija se odnosi na dvije osnovne ideje:

- Prva ideja je da vještačka inteligencija obuhvata proučavanje procesa ljudskog mišljenja.
- Druga ideja se odnosi na predavanje i izražavanje toga procesa pomoću mašine: kompjutera ili robota.

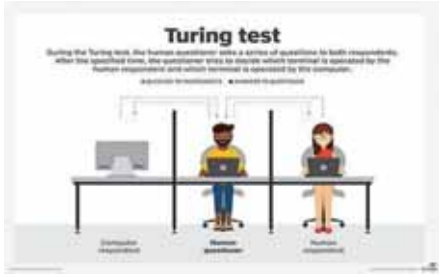
1983. godine bilo je preko 140 definicija vještačke inteligencije.

1. „Klasična“ definicija vještačke inteligencije: ako su u odvojene dvije prostorije smještene jedna osoba i neka naprava, i ako na identične probleme one pružaju odgovore na osnvu kojih se ne može pogoditi u kojoj sobi je čovjek,a u kojoj naprava, onda možemo smatrati da ta naprava ima atribute vještačke inteligencije.
2. Bilo koji problem za koji ne postoji efikano algoritamsko rješenje jeste problem vještačke inteligencije.

[14] Nilsson, 1998
[15] Dr. Miodrag Tojagić, 2014

3. Vještačka inteligencija je pročuvanje metalnih mići kroz upotrebu modela kompjutacije. Pri tome je fundamentalan radna predpodstavkaa da „Ono što mozak čini može biti zamišljeno na nekom nivou kao vrsta kompjutacija.“
4. Vještačka inteligencija je discipina usmjerena na razumijevanje čovjekove inteligencije kroz konstruisanje računarskih programa koji oponašaju inteligentno ponašanje.
5. U priručniku za vještačku inteligenciju srećemo sljedeću definiciju: „Vještačka inteligencija je dio računarske tehnike koji se bavi onim karakteristikama koje obično vezujemo za inteligenciju čovjeka, kao što su: razumijevanje jezika, učenje, zaključivanje, rješavanje problema.“
6. Vještačka inteligencija je disciplina koja izučava mehanizme inteligentnog ponašanja kroz analizu, razvoj i evaluviju vještačkih tvorevina u koje se ugrađuju ti mehanizmi. Ona je računarska disciplina čiji je zadatak da stvori računare koji mogu da rezonuju na način sličan ljudskom rezonovanju. Izučava razvoj programa koji pokazuje inteligenciju nalik na ljudsku.[16]

Turingov test koji predstavlja kriterijum za inteligentno ponašanje mašine (računara)



Slika 2.: Turing test.

Test se sastoji u tome da čovjek vodeći konverzaciju preko terminala treba da zaključi da li je saogovrnik čovjek ili mašina. Mašina se po ovom testu smatra inteligentnom ako čovjek na osnovu odgovara mašine ne može da napravi razliku između živog sagovornika i mašine.

Dva lica vještačke inteligencije.

- Vještačka inteligencija kao naučna disciplina:

Izučava prirodu ljudskog znanja, razumijevanja i vještina.

Cilj: bolje razumijevanje inteligencije i opštih principa na kojima je ona zasnovanja

- Vještačka inteligencija kao praktična, inženjerska disciplina:

Bavi se projektovanjem i razvojem inteligentnih sistema

Cilj: razvoj računarskih programa koji mogu da rezonuju na način sličan ljudima.

- Spoj naučnog i praktičnog aspekta:

Razvoj inteligentnih sistema povratno utiče na saznanja o ljudskom inteligentnom ponašanju.

2.6. Historijski razvoj vještačke inteligencije.

U antičkom periodu, značajan je grafički filozof Aristotel (384-322 p.n.e.), koji se bavio zakonitostima logičkog mišljenja. Lajbnic je pominjao „univerzalnu algebru“, kojom bi se

[16] Dr. Miodrag Tojagić, „Ekspertni sistemi“ , 2014

svekolika ljudska znanja (uključujući i etiku i metafiziku) obuhvatila jednog dana u jedinstveni deduktivni sistem.

Nastojanja da se stvore mašine sa određenom vrstom inteligencije, počela su prije više od stotinu godina na idejama Bebidža (Babbage). Čarls Bebidž 1834. konstruiše mehaničku „analitičku mašinu“, koja računa i štampa eke matematičke proračune, imao je namjeru da napravi i mašinu za igranje šaha.

Ocem vještačke inteligencije smatra se Alan Tjuring (Turing) koji je, 1950. godine, predstavio Tjuringov test, koji daje odgovore na pitanje da li je mašina sposobna da razmišlja kao ljudsko biće. Prvi program za igranje šaha – Claude Shannon – 1955, zajedno sa Alanom Tjuringom – ovo se smatra jednim od najbitnijih presudnih rezultata u historiji vještačke inteligencije.

Termin **vještačka inteligencija** prvi put je upotrebio John McCarthy za vrijeme konferencije u Dortmouth ollege. Tad je predstavljen LISP programski jezik, najpoznatiji alat za manipulisanje pojmovima (pravilima, komandama, imenima). Počeci razvoja sistema vještačke inteligencije – 30 – te godine XX stoljeća.

Tokom 60 – tih, godina, nastojalo se da se simulira proces ljudskog razmišljanja i ugradi u programe opšte namjene. Tokom 70 – tih godina, istraživanja su krenula ka pronalaženju opštih metoda i tehnika koji bi se ugrađivali u specijalizovane programe. Krajem 70 – tih godina, uočena je moć programa da se rješava probleme na osnovuznanja koje taj program o problemu posjeduje,a ne iz formalizma koji koristi. Takvi prgrami su dobili naziv ekspertni sistemi.[17]

2.6.1. Razvoj vještačke inteligencije, od 1690. godine do danas

Razvoj vještačke inteligencije dijeli se na četri perioda:

- Period naivnih rješenja (1960 – 1970),
- Period opštih metoda (1970 – 1980),
- Period područja znanja (1980 – 1990), i
- Period višestruke inteligencije (1990 -).

2.6.2. Nastanak vještačke inteligencije.

Vještačka inteligencija (engl. Artificial Intelligence – Al) kao disciplina nastala je 1956 god. na Dartmouth Summer Research Conference on Artificial Intelligence.

Ključni ljudi:

John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester, Claude Shannon.

[17] Dr. Miodrag Tojagić., „Ekspertni sistemi“ , 2014 godina

3. OSNOVNI KONCEPTI VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE.

3.1. Osnovne odlike vještačke inteligencije.

Vještačka inteligencija je naučna disciplina: izučava prirodu ljudskog znanja, razumijevanja i vještina. Vještačka inteligencija je praktična, inžinjerska disciplina: bavi se projektovanjem i razvojem programa koji rade. Ona se bavi procesiranjem znanja, a ne podataka. Razvoj inteligentnih sistema povratno utiče na saznanja o ljudskom inteligentnom ponašanju.

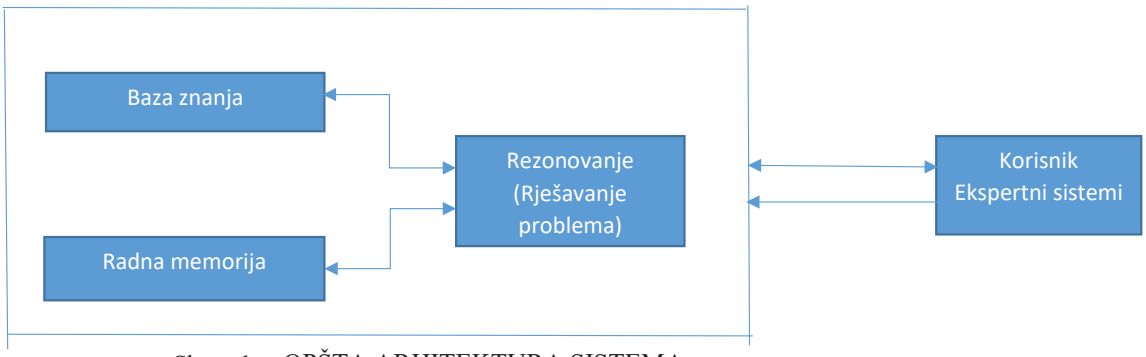
3.2. Inteligentni sistem.

Netrivijalni računarski programi sposobni da ispolje aspekte ljudke inteligencije. Računarski programi sposobni da na osnovu:

- Ulaznih podataka,
- Ugrađenog znanja, i
- Mehanizma uređivanja,

„inteligentno“ generišu izlaz. [18]

[18] Dr. Miodrag Tojagić,. „Ekspertni sistemi“ 2014 godina



Shema1.: „OPŠTA ARHITEKTURA SISTEMA.

Inteligentni računarski sistemi pripadaju vrsti računarskih sistema koji imaju sposobnost da otkrivaju nevidljive veze i oblike podataka koji mogu supješno da se primjene prilikom donošenja poslovnih odluka. U toku projektovanja i izgradnji inteligentnih računarskih sistema simulira se i oponaša ljudska inteligencija. Različiti sistemi koriste se različitim načinom imitiranja inteligencije čovjeka.

U ekspertnim sistemima, to se ostvarije kodiranjem znanja u bazi znanja i stvaranjem kontrolnog mehanizma koji vodi proces zaključivanja, odnosno rezonovanja. U vještačkim neuronskim mrežama, inspirancije je potekla od funkcionisanja ljudskog mozga. U genetskom algoritmu, ideja potiče od mehanizma biološke evolucije po Darvinovoj teoriji prirodne slekcije i opstanka bioloških vrsta.

Osnovne podoblasti vještačke inteligencije.[19]

- Ekspertni sistemi (Expert system),
- Procesiranje prirodnih jezika (Natural layuage processing),
- Računarska verzija (Computer vision),
- Robotika (Robotics),
- Rješavanje problema i planiranje (Problem olving and planning),
- Mašinsko učenje (Machine learning),
- Automatsko dokazivanje teorema,
- Automatsko prepoznavanje govora,
- Neuronske mreže,
- Evolucioni algoritmi,
- Fuzzy sistemi,
- Rudarenje podataka (Data mining)
- Inteligentne retrage.

[19] Dr. Miodrag Tojagić., „Ekspertni sistemi“ , 2014 godina.

3.3. Inteligentni transporni sistemi

3.4. Oblasti istraživanja vještačke inteligencije su sljedeće

- Dokaz teoreme, ova oblast ispituje na koji način se može dokazati jedna hipoteza uz dato znanje pomoću dokaznih metoda i pravila. Ponekad je potrebno razbiti hipotezu na pomoćne hipoteze, gdje izbor dijelova teoreme može biti zadatak koji zahtjeva veliko iskustvo. Najteže je čovjekovo iskustvopretvoriti u znanje koje može računar da koristi.
- Prepoznavanje uzorka. Kada su objekti, situacije ili događaji opisani izvjesnim numeričkim promjenljivi, koje liče na određene uzorke i iz brojčane izražene daljine zaključuju npr. istovjetnu, blizu istovjetan, vjerovatno istovjetan, neistovjetan.
- Herustički postupci. Ovi postupci najčešće savjetuju opšte, cjeloshodne, fleksibilne, u praksi opravdane metode rješenja nasuprot onim rješenjima, koji su egzaktni,teorijski osnovani, i koji obećavaju optimalna rješenja, ali samo uz strogo definisane uslove. Heuristička rješenja igraju važnu ulogu u ekspertnim sistemima, jer egzaktna rješenja nisu uvijek dostupna, ili ne bi funkcionisala u slučaju da fali jedan ili više podataka.
- Postupci traženja. Najčešće opisuju razne mogućnosti kako obilaziti grafom reprezentovati demon problema.Svaka heuristika, za ovaj problem, osigurava rješenje koje je blizu optimalnom rješenju.
- Prezentacija znanja. Najizraženiji pravac VI. Činjenica je da čovjek pamti svoja znanja na sasvim drugačiji način od računara. Pitanje je na koji način prikazati razno stručno znanje koja bi računar uspješno obradio i prikazao na nekom programskom jeziku.
- Obrada simbola. Pored pisanog materijala obično treba raditi i sa zvučnim signalima, kao i sa slikama. Kod zvučnog signala, treba prepoznati signale, zatim izvršiti transformaciju i izvršiti dekodiranje istih. Prepoznavanje jedne slike, počinje na osnovnom nivou sa identifikacijom linija, kriva, tačke, i uglova. Postupno, po određenoj hierarhiji se sastavlja slika. Prepoznavanje dinamične slike sastoji se iz više nivoa identifikacije, i tako se formira celina.
- Kombinatorni i taktički zadaci. Neki zadaci su više dugotrajni (ako bi isprobali svaku kombinaciju), čak i na najbržem računaru, zato se koriste razne metode za skraćivanje, razne heuristike. Složenost zadatka, koji spada u ovu grupu, eksponencijalno zavisi od vrijednosti nekih parametara.
- Manipulacija neizvjesnostima. Postupci se koriste u rješenjima gdje su informacije nepotpune, nesigurne ili pune šumova. Postoji više izvora nesigurnosti, prema tome i njihovo rukovanje, procesna uticaja je raznovrsna u zavisnosti od osobine i drugih okolnosti problema.Neke metode rješenja su bazirane na matematičkim modelima npr. fuzzylogika, ili drugi modeli.[20]

[20] Dr. Miodrag Tojagić, „Ekspertni sistemi“, 2014

4. OBLAST PRIMJENE VJEŠTAČKE INTELIGENCIJE.

4.1. Primjena vještačke inteligencije.

- Inženjerstvo

Provjera usklađenosti projekta sa pravilima projektovanja. Savjeti i predlozi na osnovu predhodnih, sličnih projektnih zahtjeva.

- Proizvodnja

Nadziranje po ljude opasnih / štetnih operacija koje zahtjevaju specifičnu ekspertizu. Obavljanje preciznih poslova na proizvodnim linijama.

- Svemirska istraživanja

Nadziranje stanja na svemirskim stanicama.

- Edukacija

Praćenje i usmjeravanje procesa učenja. Personalizovano učenje.

- Zdravstvo

Pomoć u postavljanju dijagnoze. Nadziranje stanja pacijenta i kontrole terapije.

- Medicina (istraživanja)

Mapiranje ljudskog genoma. Otkrivanje pravilnosti u medicinskim dosijeima pacijenta sa istim / sličnim dijagnozama.

- Finansije

Provjera kreditnog rizika. Sprečavanje zloupotrebe kreditnih kartica.

- Poslovanje

Predviđanje obima prodaje proizvoda. Bolje upravljanje zalihama i bolje usmjerene promotivne kampanje. Automatska obrada poslovne dokumentacije. Raspoređivanje ljudi i poslova.

4.1. Područja primjene vještačke inteligencije.

Vještačka inteligencija, koja se razvija relativno brzo, već naširoko se koristi u sljedećim aplikacijama:

- Inteligentno rukovanje bazom podataka. U ovim sistemima korisniku je omogućen pristup ne samo onim podacima do kojih se može doći direktno, nego i onim izvedenim podacima do kojih se dolazi nakon analize direktno donijenih podataka. To je moguće sa korisničkim modelima, koji opisuju razne potrebe korisnika, očekivanja i mogućnosti.
- Robotika. Nauka i tehnologija za razvoj i upotrebu „inteligentnih“ sredstava. Obavlja se fizički, konstruktivni posao sa izvjesnim stepenom prilagođavanja. Značajna je

sposobnost identifikacija pozicija objekta i okolnosti da bi se izabrala odgovarajuća metoda za postizanje unaprijed datog cilja. Iz osnovnih radnji, sastavlja se plan aktivnosti, koji su potrebni za prelaz iz jednog stanja robota u drugo. Ima veliki uticaj na dalji razvoj industrije.

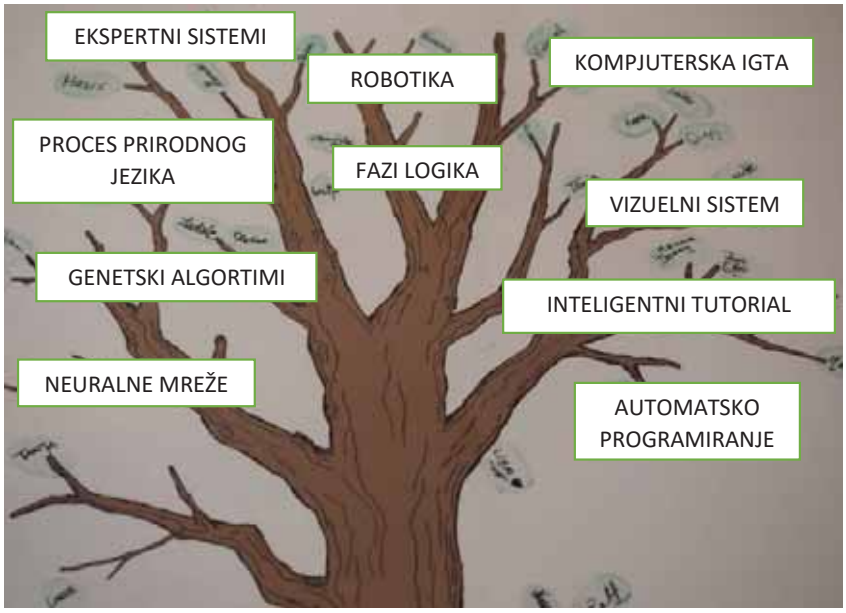
- Obrada prirodnih i vještačkih jezika. Vrši se prevod, ili priprema za prevod sa jednog jezika na drugi.
- Inteligentna komunikacija sa računarom. Tokom rada računara čovjeka očekuje jasnu komunikaciju u vezi zadatka.
- Razumijevanje i generisanje živog jezika. Sa skromnom količinom riječi i jednostavnom gramatikom je ovo moguće na nekim moćnijim računarima. Računar, sem značenja pojedinačnih riječi, mora da poznaje i relacije između njih, gramatiku jezika i pojmove pridružrnr objrktima, kao i relacije među rečenicama. Iz tog proizilaze tri funkcije jezičke analize:

1. leksička analiza (analiza riječi),
2. sintaktička analiza (analiza mjesta riječi u rečenici) i
3. simantička (analiza značenja rečenice u kontekstu i kao zasebne cjeline)

- Automatsko programiranje. Programski zadatak, koji je napisan na nekom specifičnom jeziku (npr. predikatum – kalkulus), prevede na neki programski jezik, ili na izvršni kod. Program koji to izvršava mora poznavati sintaksu izvornog (na kome je data specifikacija) i izvršnog jezika, kao i moguće strukture podataka, konvencije za rukovanje input – outputom i ekranom.
- Mašinsko učenje. Razvijeni su neki značajni programi učenja na osnovu savjeta i kazivanja, na osnovu primjera posredstvom induktivnog zaključivanja – i na osnovu otkrića.
- Sistemi zasnovani na znanju. Tu spadaju sistemi, koji rješavaju zadatke simboličke prirode, sposobni su da obrazlažu svoja ponašanja i zaključke, sposobni su da se usavršavaju, da rješavaju značajne, teške i složene problem, koji uključuju i neizvjesnost.[21]

[21] Dr. Miodrag Tojagić „Ekspertni sistemi“ , 2014 godine.

4.2. Stablo vještačke inteligencije.

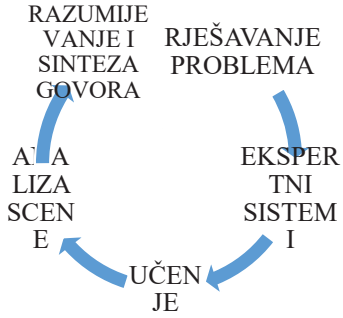


Slika 3.: Stablo vještačke inteligencije.

4.3. Podjela vještačke inteligencije

1. Robotika,
2. Sistemi zasnovani na znanju, u prvom redu sistemi za podršku odlučivanju (Decision Support Systems)
3. Ekspertni sistemi,
4. Softverski sistemi,
5. Otkrivanje znsnjs u BP i
6. Vještačka inteligencija na internetu.

4.4. Uloga vještačke inteligencije u robotici.



Shema 1.: Uloga vještačke inteligencije u robotici.

ZAKLJUČAK

Od različitih područja primjene vještačke inteligencije, robotika je sigurno najaktraktivnija.

Cilj istraživanja vještačke inteligencije je razvijanje programa (softvera), koji će omogućiti računarima da se ponašaju na način koji bi se mogao okarakterisati inteligentnim. Prva istraživanja se vežu za same korjene računarstva. Ideja o stvaranju mašina koje će biti sposobne da obavljaju različite zadatke inteligentno, bila je centralna preokupacija naučnika računarstva koji su se opredijelili za istraživanje vještačke inteligencije tokom cijele druge polovine XX vijeka. Danas, istraživanja u vještačkoj inteligenciji su orijentisana na ekspertne sisteme, prevodilačke sisteme u ograničenim domenima, prepoznavanje ljudskog govora i pisanog teksta, automatske dokazivače teorema, kao i konstantnim interesovanjem za stvaranje generalno inteligentnih, autonomnih agenata.

Vještačka inteligencija kao pojam u širem smislu, označava kapacitet jedne vještačke tvorevine za realizovanje funkcija koje su karakteristika ljudskog razmišljanja. Mogućnost razvoja slične tvorevine je budila interesovanje ljudi još od antičkog doba; ipak, tek u drugoj polovini XX vijeka takva mogućnost je dobila prva oruđa (računare), koja otvaraju put za taj poduhvat.

Napretkom moderne nauke, istraživanje VI se razvija preko dva osnovna smjera: psihološka i fiziološka istraživanja prirode ljudskog uma, i tehnološki razvoj sve složenijih informatičkih sistema.

Osnovne tendencije danas, za razvoj sistema VI predstavljaju: razvoj ekspertnih sistema i razvoj neuronskih mreža. Ekspertni sistemi pokušavaju reprodukovati ljudsko razmišljanjene preko simbola. Neuronske mreže to rade više iz biološke perspektive (rekreiraju strukturu ljudskog mozga uz pomoć genetskih algoritama). Uprkos složenosti oba sistema, rezultati su veoma daleko od stvarnog inteligentnog razmišljanja.

Mnogi naučnici su skeptici prema mogućnosti razvijanja istinske VI. Funkcionisanje ljudskog razmišljanja, još uvijek nije dublje poznato, iz kog razloga, informatički dizajn inteligentnih sistema, će još duži vremenski period biti u suštini onesposobljen za predstavljanje tih nepoznatih i složenih procesa.

Istraživanja u VI, su fokusirana na sljedeće komponente inteligencije: učenje, razmišljanje, rješavanje problema, percepcija i korišćenje jezika.

LITERATURA

Dr. Miodrag Tojagić „Ekspertni sistemi“ , 2014

Turban E., Aronson J.E., Liang T., Sharda R., Decision Support and Business Intelligence, 2007

Hrvoje, Gold, „Ekspertni sustavi u prometu“, 2010

Turning (1950) „Computing machinery and intelligence“

Jackson, 1999.

Haugeland, 1985

Bellman, 1978

Chamiak & McDermott, 1985

Kurzweil, 1990

Rich & Knight, 1990

Poole et sll., 1998

Nilsson, 1998

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна и универзитетска библиотека
Републике Српске, Бања Лука

004.8:34(082)

МЕЂУНАРОДНИ научни скуп "Човјечанство пред изазовом вјештачке интелигенције" (11 ; 2023 ; Брчко [Дистрикт])
Čovječanstvo pred izazovom vještačke inteligencije. Tom 4 : zbornik radova sa XI međunarodnog naučnog skupa održanog 19. maja/svibnja 2023. godine / priredila Albina Fazlović. - Brčko [Distrikt] : Evropski univerzitet, 2023 (Banja Luka : Markos). - 602 стр. : илустр. ; 25 cm Текст ћир. и лат. - Радови на више језика. –

Тираж 300. - Напомене и библиографске референце уз текст. - Библиографија уз радове. - Abstracts.

ISBN 978-99955-99-71-3

COBISS.RS-ID 138356737