

**PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE ZA UNAPREĐENJE
BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA****THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR ENHANCING TRAFFIC
SAFETY***Bojana Savić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – SAOBRAĆAJNO INŽENJERSTVO**

Kratak sadržaj – Rad se bavi primenom veštačke inteligencije (AI) u bezbednosti saobraćaja, sa posebnim osvrtom na korišćenje alata mašinskog učenja i tehnologija kompjuterskog vida. Analiziraju se ključne metode koje omogućavaju predikciju saobraćajnih nezgoda, identifikaciju rizičnih vozača, detekciju opasnosti u realnom vremenu, kao i automatizovano upravljanje saobraćajem. Poseban akcenat je stavljen na upotrebu senzora i IoT podataka za unapređenje bezbednosti i efikasnosti, kao i doprinos autonomnih vozila smanjenju rizika u saobraćaju.

Ključne reči: veštačka inteligencija, bezbednost saobraćaja, mašinsko učenje, kompjuterski vid, autonomna vozila.

Abstract – The paper focuses on the application of artificial intelligence (AI) in traffic safety, particularly emphasizing the use of machine learning and computer vision technologies. It explores key methods that enable the prediction of traffic accidents, identification of risky drivers, real-time hazard detection, and automated traffic management systems. The work also highlights the role of sensors and IoT data in improving safety and efficiency, as well as the contribution of autonomous vehicles to reducing road traffic risks.

Keywords: Artificial intelligence, traffic safety, machine learning, computer vision, autonomous vehicles.

1. UVOD

Bezbednost saobraćaja je ključni faktor koji utiče na kvalitet života širom sveta, s milionima stradalih i povređenih svake godine u saobraćajnim nezgodama. Razvoj veštačke inteligencije (AI) pruža nove mogućnosti za predviđanje, prevenciju i upravljanje rizicima u saobraćaju. Cilj rada je da istraži primenu AI tehnologija, sa posebnim fokusom na mašinsko učenje i kompjuterski vid, u unapređenju bezbednosti saobraćaja.

2. AI U BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA

Primena veštačke inteligencije (AI) u bezbednosti saobraćaja značajno unapređuje bezbednost na putevima analizom podataka iz raznih izvora, poput senzora

i kamera, što omogućava prepoznavanje opasnosti u realnom vremenu. Korišćenjem ovih tehnologija moguće je smanjiti broj saobraćajnih nezgoda kroz predikciju rizika i pravovremenu reakciju sistema. Na primer, AI alati mogu identifikovati kritične tačke na putevima i omogućiti nadležnim subjektima da brzo reaguju i unaprede bezbednost na tim lokacijama.

2.1. Predikcija saobraćajnih nezgoda

Predikcija saobraćajnih nezgoda predstavlja jednu od ključnih primena mašinskog učenja (ML) u domenu bezbednosti saobraćaja. Ovi algoritmi analiziraju obimne istorijske podatke, uključujući vremenske uslove, gustinu saobraćaja, tipove vozila, i vremenske intervale tokom kojih se nezgode najčešće događaju. Koristeći modele zasnovane na regresiji, moguće je identifikovati povezanost između ovih faktora i učestalosti nezgoda na određenim lokacijama. Na primer, studije su pokazale da specifični vremenski uslovi kao što su kiša ili magla povećavaju rizik od saobraćajnih nezgoda za više od 20% na prometnim raskrsnicama [1] [2].

Za predikciju saobraćajnih nezgoda koristi se niz modela koji se baziraju na mašinskom učenju, uključujući Random Forest, Support Vector Machine (SVM) i neuronske mreže. Svaki od ovih modela nudi različite pristupe u analizi podataka, prilagođene složenosti i prirodi podataka korišćenih za predikciju, a mogu prilagođeni specifičnim potrebama, u zavisnosti od vrste podataka i ciljeva istraživanja. Uz njihovu pomoć, eksperti bezbednosti saobraćaja mogu identifikovati ključne faktore rizika i razviti efikasnije strategije za smanjenje broja nezgoda na putevima.

2.2. Uloga kompjuterskog vida u detekciji i prevenciji saobraćajnih nezgoda

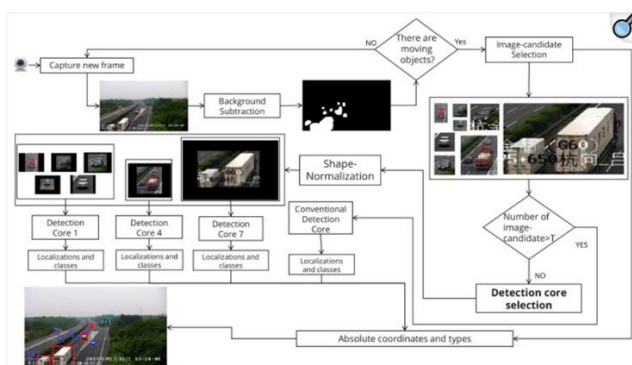
Kompjuterski vid, kao oblast veštačke inteligencije, koristi algoritme za automatsku analizu i interpretaciju vizuelnih podataka iz saobraćajnih kamera, što omogućava identifikaciju i praćenje objekata u realnom vremenu (Slika 1.). U kontekstu saobraćaja, tehnologije kompjuterskog vida mogu da identifikuju vozila, pešake, bicikliste, kao i saobraćajnu signalizaciju, što doprinosi prepoznavanju rizika i potencijalno opasnih situacija. Ova tehnologija koristi napredne tehnike prepoznavanja objekata, kao što su detekcija obrisa i dubinske analize, kako bi se utvrdila lokacija i veličina različitih objekata u prostoru [3].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Dragan Jovanović, red. Prof.



Slika 1. Primena kompjuterskog vida [11]



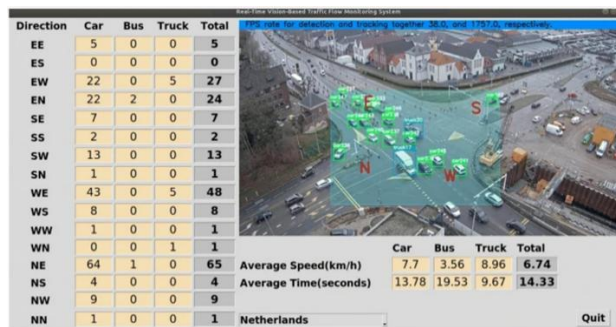
Slika 2. Optimizovani okvir za detekciju vozila koristeći kombinaciju oduzimanja pozadine i CNN[12]

Šematski dijagram predloženog okvira za detekciju vozila u video nadzoru pomoću kombinacije metoda oduzimanja pozadine (BS) i konvolucionih neuronskih mreža (CNN) (Slika 2.). Proces započinje snimanjem novog frejma sa nadzorne kamere, nakon čega se primenjuje metoda oduzimanja pozadine da bi se detektovali pokretni objekti. Ako nema pokretnih objekata, sistem prelazi na sledeći frejm. Ukoliko postoje pokretni objekti, vrši se selekcija delova slike koji sadrže te objekte (image-candidate selection). Ovi delovi slike se zatim prilagođavaju određenom obliku putem "shape-normalization" modula. Ako broj selektovanih slika premašuje unapred zadati prag (T), koristi se konvencionalni CNN detektor na celom frejmu. Za selektovane slike-kandidate sa brojem ispod praga, bira se odgovarajući CNN detekcioni modul (Detection Core 1, 4, 7), gde se primenjuju različiti CNN modeli za detekciju i klasifikaciju objekata. Konačni izlaz su tačne lokacije i klase detektovanih vozila, koje se vraćaju na originalnu sliku i prikazuju kao obeležene vozila sa koordinatama i tipovima. Ovaj dijagram prikazuje kako različiti moduli funkcionišu zajedno kako bi se poboljšala efikasnost detekcije vozila smanjujući broj nepotrebnih operacija, čime se optimizuje upotreba resursa sistema.

2.1.2. Primena modela za predikciju saobraćajnih uslova u realnom vremenu

Primena senzora i IoT uređaja za prikupljanje podataka o saobraćajnim uslovima u realnom vremenu. Podaci koje ovi uređaji prikupljaju obuhvataju informacije o brzini vozila, gustini saobraćaja, vremenskim uslovima, radovima na putu, pa čak i o nezgodama i zastoju na putu. Takvi podaci se koriste za stvaranje sveobuhvatnih modela koji omogućavaju da se donesu brze i efikasne odluke. Ovi modeli ne samo da unapređuju saobraćajnu efikasnost, već

značajno doprinose i smanjenju zagađenja, smanjenju vremena putovanja i povećanju opšte bezbednosti [4].



Slika 3. Snimak ekrana alata zasnovanog na formi koji prikazuje statistiku protoka saobraćaja u realnom vremenu prikupljenu iz video strima u Norveškoj [13]

Sistem za nadzor saobraćaja u realnom vremenu (Slika 4.) koji koristi video snimke sa nadzornih kamera na raskrsnicama kako bi pratio i analizirao saobraćajni tok. Ovakvi sistemi služe za automatsko praćenje protoka vozila, kategorizaciju učesnika u saobraćaju (automobili, autobusi, teretna vozila), kao i za merenje ključnih parametara kao što su brzina vozila i vreme koje im je potrebno da prođu kroz raskrsnicu. Glavna svrha ovakvog sistema je unapređenje saobraćajne efikasnosti i bezbednosti. Sistem može pomoći u identifikaciji zagušenja, optimizaciji upravljanja semaforima, pa čak i detekciji prekršaja poput prekoračenja brzine ili prolaska kroz crveno svetlo. Pomoću podataka prikupljenih u realnom vremenu, nadležni organi mogu pravovremeno reagovati na incidente, dok se dugoročno ovi podaci mogu koristiti za analizu saobraćajnih obrazaca i planiranje unapređenja infrastrukture. S obzirom na to da sistem automatski prikuplja i obrađuje podatke, eliminiše potrebu za ručnim praćenjem saobraćaja, čime se povećava efikasnost i smanjuje mogućnost grešaka. Ovakvi sistemi često se koriste u urbanim sredinama za bolje upravljanje saobraćajem i smanjenje zastoja.

3. PRIMENA AI I ML U PROCENI BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA

Primena veštačke inteligencije (AI) i mašinskog učenja (ML) u proceni bezbednosti saobraćaja postaje sve značajnija, omogućavajući analizu velikih količina podataka u realnom vremenu i unapređenje bezbednosnih standarda u železničkom, vodnom i vazdušnom saobraćaju. U železničkom saobraćaju, AI se koristi za detekciju kvarova na šinama i identifikaciju prepreka na pruzi, dok u vodnom saobraćaju AI pomaže u praćenju plovila i prepoznavanju sumnjivih aktivnosti. U vazdušnom saobraćaju, AI doprinosi otkrivanju anomalija, asistenciji tokom sletanja i predviđanju vremenskih uslova, što omogućava pravovremeno prilagođavanje rute leta. Napredni AI modeli, kao što su neuronske mreže i algoritmi "dubokog" učenja, koriste se za detekciju rizika, predviđanje potencijalnih opasnosti i implementaciju preventivnih mera koje povećavaju bezbednost i smanjuju broj incidenata u svim vrstama transporta.

Na primer, primena veštačke inteligencije u železničkom saobraćaju fokusira se na detekciju kvarova na šinama i prepreka na pruzi, poput korozije, pukotina i deformacija, koje mogu ugroziti bezbednost. Algoritmi za obradu slike, poput Gabor filtera, talasne transformacije i konvolutivnih

neuronskih mreža (CNN), koriste se za identifikaciju ovih oštećenja. CNN modeli uspešno analiziraju slike visoke rezolucije kako bi otkrili mikrostrukturne promene na šinama, omogućavajući pravovremene popravke i održavanje [5].

4. BIBLIOMETRIJSKA ANALIZA AI U BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJA

Bibliometrijska analiza omogućava istraživačima da prate razvoj naučnih trendova i identifikuju ključne teme u oblasti bezbednosti saobraćaja, posebno u kontekstu primene veštačke inteligencije (AI). Ova metoda pruža uvid u dominantne teme, kao što su analiza podataka za identifikaciju opasnih mesta na putevima, teorijske osnove neuronskih mreža, detekcija saobraćajnih znakova pomoću kompjuterskog vida, i primena "dubokog" učenja za unapređenje bezbednosti. Takođe, analize društvenih mreža i naučne literature pokazuju rastući interes za integraciju AI u transportne sisteme, sa sve većim fokusom na autonomna vozila, prediktivno održavanje i bezbednost vozača [10].

5. INTEGRACIJA AI SA IOT I 5G U SAOBRAĆAJNOJ INFRASTRUKTURI

Integracija veštačke inteligencije (AI) sa Internetom stvari (IoT) i 5G tehnologijom u saobraćajnoj infrastrukturi predstavlja revolucionarni korak ka stvaranju inteligentnih, povezanih i efikasnijih transportnih sistema. Ova integracija omogućava poboljšanje bezbednosti saobraćaja, optimizaciju protoka saobraćaja i smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu, čime se doprinosi održivijem urbanom razvoju. Kroz pametne saobraćajne sisteme, podaci prikupljeni putem IoT senzora u realnom vremenu mogu se analizirati putem AI algoritama kako bi se pravovremeno doneli informisani i prilagodljivi saobraćajni signali i preporuke za vozače [6].

Jedan od glavnih načina na koji AI doprinosi razvoju infrastrukture je kroz predikciju potreba za izgradnjom novih objekata, kao što su putevi, mostovi, i pešačke zone. Korišćenjem modela mašinskog učenja, moguće je predvideti gde će u budućnosti biti potrebne nove saobraćajne mreže, čime se može smanjiti prekomerna gradnja i optimizovati alokacija budžeta. Na primer, AI može analizirati trenutne saobraćajne zagušenja i na osnovu trendova predložiti proširenje postojećih puteva ili izgradnju dodatnih mostova kako bi se smanjila zagušenja. Ovo omogućava gradovima da donose informisane odluke koje će zadovoljiti potrebe građana i smanjiti negativan uticaj na životnu sredinu [7].

6. INTEGRACIJA ITS SISTEMA U GRADOVIMA IZMIR, PRINCE WILLIAM COUNTY, MYSORE

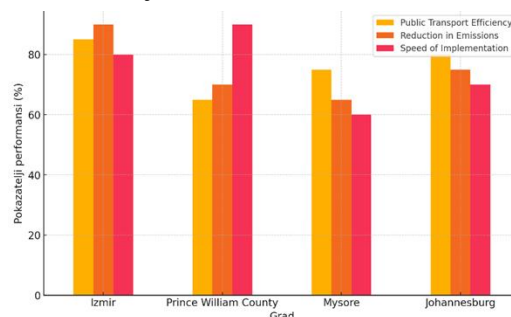
Integracija Inteligentnih Transportnih Sistema (ITS) u gradovima predstavlja ključan korak ka modernizaciji i unapređenju urbanog saobraćaja. ITS sistemi koriste napredne tehnologije, kao što su senzori, kamere, IoT uređaji, i softver za analizu podataka, kako bi omogućili efikasno upravljanje saobraćajem i poboljšanje bezbednosti na putevima. Ovi sistemi omogućavaju prikupljanje i analizu podataka u realnom vremenu, što gradskim vlastima i službama za hitne intervencije omogućava da brzo reaguju na zastoje, nezgode ili promene u saobraćajnim uslovima. ITS takođe doprinosi

smanjenju zagađenja, optimizacijom protoka saobraćaja i smanjenjem gužvi, što doprinosi održivijem urbanom razvoju.

6.1. Benchmarking analiza ITS sistema u sva četiri grada

Benchmarking metoda omogućava upoređivanje ITS sistema u četiri različita grada: Izmir, Prince William County, Mysore i Johannesburg, uzimajući u obzir ključne pokazatelje uspeha kao što su efikasnost javnog prevoza, smanjenje zagađenja i emisije CO₂, te brzina implementacije i tehničke sposobnosti.

Benchmarking analiza ITS sistema u ovim gradovima (Grafik 1.) pokazuje da Prince William County i Izmir prednjače u brzini implementacije i tehničkim sposobnostima, dok Izmir ostvaruje najbolje rezultate u smanjenju zagađenja i optimizaciji javnog prevoza. Johannesburg i Mysore su postigli napredak, ali su suočeni sa izazovima u infrastrukturi i finansijama koji usporavaju dalju modernizaciju.



Grafik 1. Poređenje performansi ITS sistema u gradovima

7. IZAZOVI I BUDUĆNOST AI U SAOBRAĆAJU

Primena veštačke inteligencije (AI) u saobraćajnim sistemima suočava se s brojnim izazovima, od kojih su neki tehničke prirode, dok su drugi povezani sa sigurnošću i privatnošću. Visoki troškovi implementacije i održavanja predstavljaju osnovni problem, jer AI zahteva napredne hardverske resurse, složene senzorske sisteme i kontinuirano ažuriranje softvera. Instalacija i održavanje tih sistema, koji često uključuju mreže senzora, kamere, LIDAR i druge napredne tehnologije, može biti finansijski iscrpljujuća, posebno za manje opštine ili zemlje sa ograničenim budžetima za infrastrukturu [8].

Primena AI u saobraćaju već privlači veliku pažnju istraživača i stručnjaka, koji u budućnosti predviđaju značajan uticaj na različite aspekte transporta i infrastrukture. Mnogi veruju da će AI revolucionarizovati saobraćaj kroz optimizaciju protoka, smanjenje saobraćajnih zastoja, unapređenje bezbednosti i podršku održivim praksama. Postojeći stavovi i istraživanja pokazuju da će AI doprineti kreiranju pametnih saobraćajnih sistema i unapređenju upravljanja gradskim i međugradskim saobraćajem [7].

8. ULOGA UNIVERZITETA U RAZVOJU AI TEHNOLOGIJA ZA BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA

Univerziteti širom sveta aktivno razvijaju AI tehnologije kako bi unapredili bezbednost saobraćaja, istovremeno uključujući edukativne programe koji osposobljavaju studente za primenu ovih tehnologija u stvarnom svetu.

Kroz različite institute i laboratorije, ovi univerziteti istražuju napredne metode mašinskog učenja, analize podataka i IoT sistema koji omogućavaju preciznu predikciju saobraćajnih nezgoda i optimizaciju tokova saobraćaja. U okviru nastavnih programa, studenti stiču praktična znanja o korišćenju senzora, kamera i autonomnih sistema, koji su ključni za efikasno upravljanje bezbednošću na putevima. Uz pomoć simulacija i rada na stvarnim projektima, oni uče kako da integrišu AI rešenja u postojeće saobraćajne mreže, čime se značajno smanjuje rizik od nezgoda. Osim tehničkih veština, studenti razvijaju i kritičko razmišljanje, jer učestvuju u razmatranju etičkih i društvenih aspekata AI primene u saobraćaju. Ovakvi programi ne samo da unapređuju bezbednost, već i pripremaju mlade stručnjake da postanu lideri u oblasti saobraćajne tehnologije [9].

9. ZAKLJUČAK

AI tehnologije, kao što su mašinsko učenje i kompjuterski vid, omogućavaju identifikaciju rizičnih vozača i predikciju saobraćajnih nezgoda, čime se znatno unapređuje bezbednost na putevima. Ove tehnologije već donose opipljive rezultate, omogućavajući donošenje efikasnijih odluka u realnom vremenu, što može smanjiti broj nezgoda i povećati bezbednost saobraćaja.

Sistemi zasnovani na mašinskom učenju analiziraju velike količine podataka i prepoznaju obrasce koji ukazuju na potencijalne opasnosti. Takva predviđanja omogućavaju proaktivno donošenje mera, kao što je pravovremeno slanje upozorenja vozačima ili prilagođavanje saobraćajnih signala kako bi se smanjio rizik od nezgoda. Takođe, integracija AI sistema sa inteligentnim transportnim sistemima (ITS) pruža dodatne mogućnosti za optimizaciju saobraćajnih tokova i smanjenje gužvi.

Pored predikcije nezgoda, uloga AI u autonomnim vozilima je ključna. Ova vozila koriste napredne algoritme za analizu saobraćajnih uslova i prilagođavaju se u skladu sa dinamičkim promenama na putu, čime se dodatno povećava bezbednost.

Zaključuje se da su dalja ulaganja u razvoj AI tehnologija od suštinske važnosti za budućnost bezbednosti saobraćaja. Zajednički naponi akademskih ustanova, industrije i državnih organa mogu obezbediti da se ove tehnologije primenjuju na način koji maksimalno doprinosi smanjenju broja saobraćajnih nezgoda i poboljšanju uslova na putevima.

10. LITERATURA

[1] Romanowska, A., & Budzyński, M. (2022). Investigating the impact of weather conditions and time of day on traffic flow characteristics. *Weather, Climate, and Society*, 14(3), 823-833.

[2] Bartels, H., Wahl, S., & Gebhardt, C. (2020). The use of radar-based precipitation data for predicting traffic accidents with logistic regression models. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*.

[3] Yuan, Z., Wu, X., Wang, Y., & Liu, X. (2024). Real-Time Monitoring Method for Traffic Surveillance Scenarios Based on Enhanced YOLOv7. *Applied Sciences*, 14(16), 7383.

[4] Lee, C.-C., & Wu, X. (2022). Design and Implementation of an ML and IoT Based Adaptive Traffic-Management System for Smart Cities. *Sensors*, 22(8), 2908.

[5] Luo, H., Cai, L., & Li, C. (2023). Rail Surface Defect Detection Based on An Improved YOLOv5s. *Applied Sciences*, 13(12), 7330.

[6] Khan, M. A., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2020). Artificial Intelligence of Things (AIoT) for Smart Cities and Transportation Systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 22(8), 5341-5351.

[7] Zhang, Y., & Li, X. (2020). AI for Urban Infrastructure Development and Traffic Flow Prediction. *IEEE Transactions on Sustainable Cities*, 15(3), 234-245.

[8] Vasudevan, M., Townsend, H., & Samach, M. (2022). Artificial Intelligence (AI) for Intelligent Transportation Systems (ITS): Challenges and Potential Solutions.

[9] Jevinger, Å., Zhao, C., Persson, J. A., & Davidsson, P. (2024). Artificial Intelligence for Improving Public Transport: A Mapping Study. *Public Transport*, 16(1), 99-158.

[10] Skitmore, M., Qu, Z., Skulmoski, G., & Chen, J. (2024). The Application of Machine Learning and Deep Learning in Intelligent Transportation: A Scientometric Analysis and Qualitative Review of Research Trends. *Sustainability*, 16(14), 5879.

[11] Primena kompjuterskog vida
<https://viso.ai/applications/computer-vision-applications/>
(pristupljeno u oktobru 2024)

[12] Optimizovani okvir za detekciju vozila koristeći kombinaciju oduzimanja pozadine i CNN
<https://www.mdpi.com/1424-8220/22/3/1193>
(pristupljeno u oktobru 2024)

[13] Snimak ekrana alata zasnovanog na formi koji prikazuje statistiku protoka saobraćaja u realnom vremenu prikupljenu iz video strima u Norveškoj
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-023-14418-1>

(pristupljeno u oktobru 2024)

Kratka biografija:



Bojana Savić rođena je u Valjevu 1999. god. Bachelor rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Saobraćaja i transporta odbranila je 2022.god.
kontakt: bojanabsavic@gmail.com