

KATEGORIZACIJA SAOBRAĆAJNIH ZNAKOVA U KOOPERATIVNOJ, POVEZANOJ I AUTOMATIZOVANOJ MOBILNOSTI

Miroslav Petrović¹, Dušan Mladenović², Mladen Nedeljkov³

¹ Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija

² Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, Srbija

^{1,2,3} Srpsko društvo za inteligentne transportne sisteme, Kneza Miloša 90a, Beograd, Srbija

Rezime: Sve intenzivniji napredak u uvođenju automatizovane vožnje i tehnologija povezanih vozila u savremene transportne sisteme pojačava potrebu za doslednim i mašinski razumljivim reprezentacijama saobraćajne signalizacije duž puta. U okviru koncepta kooperativne, povezane i automatizovane mobilnosti (CCAM) i njegove implementacije kroz kooperativne inteligentne transportne sisteme (C-ITS), saobraćajna signalizacija ne funkcioniše samo kao fizički element putne infrastrukture, već i kao strukturisani izvor informacija koji podržava interakciju između infrastrukture i vozila. Napredak u automatizaciji vozila dovodi u pitanje adekvatnost postojećih konvencionalnih taksonomija i klasifikacionih šema saobraćajnih znakova.

Ovaj pregledni rad fokusira se na kategorizacije - taksonomije koje se odnose na drumsku saobraćajnu signalizaciju u kontekstu automatizovane vožnje i povezanih vozila. Rad sintetizuje pristupe klasifikaciji saobraćajnih znakova, semantičkom strukturiranju i funkcionalnoj kategorizaciji signalizacije u CCAM kontekstu prezentovanih tokom protekle decenije u relevantnoj naučnoj, industrijskoj i regulatornoj literaturi.

Na osnovu rezultata pregleda, prikazane su oblasti podudaranja i razilaženja među predloženim taksonomijama saobraćajne signalizacije, kao i na njihove konceptualne nedostatke koje utiču na interoperabilnost između sistema vozila i putne infrastrukture. Analiza ukazuje da, iako se tehnološke mogućnosti automatizovane i povezane mobilnosti kontinuirano razvijaju, taksonomija prateće saobraćajne signalizacije ostaje fragmentisana. Rad takođe daje pregled aktuelnih istraživačkih pravaca i ističe otvorena pitanja koja mogu ukazati na smer razvoja klasifikacionih okvira za saobraćajnu signalizaciju ka unifikaciji u okviru kooperativnih i automatizovanih transportnih sistema.

Ključne reči: Kooperativna, povezana i automatizovana mobilnost (CCAM), Kooperativni inteligentni transportni sistemi (C-ITS), Automatizovana vožnja, Putna infrastruktura, Kategorizacija.

TRAFFIC SIGN TAXONOMIES IN COOPERATIVE, CONNECTED, AND AUTOMATED MOBILITY ENVIRONMENTS

Miroslav Petrović¹, Dušan Mladenović², Mladen Nedeljkov³

¹ University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Bulevar Kralja Aleksandra 73, Beograd, Serbia

² University of Belgrade, Faculty of Transport and Traffic Engineering, Vojvode Stepe 305, Beograd, Serbia

^{1,2,3} Serbian ITS Association, Kneza Miloša 90a, Beograd, Serbia

Abstract: The progressive deployment of automated driving and connected vehicle technologies within modern transportation systems has intensified the need for consistent and machine-interpretable representations of roadside traffic signage. Within the framework of Cooperative, Connected, and Automated Mobility (CCAM) and its implementation through Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS), traffic signage functions not only as a physical roadside infrastructure element but also as a structured information source supporting infrastructure-vehicle interaction. Advancement of vehicle automation questions adequacy of existing conventional traffic sign taxonomies and classification schemes.

This narrative review focuses on taxonomies related to roadside traffic signage in the context of automated driving and connected vehicles. It synthesizes existing approaches to traffic sign classification, semantic structuring, and functional categorization as discussed across scientific, industrial, and regulatory literature over the past decade.

Based on review findings, areas of convergence and divergence among proposed traffic signage taxonomies, as well as conceptual gaps affecting interoperability between vehicle systems and roadside infrastructure, are presented. The analysis indicates that, while technological capabilities for automated and connected mobility continue to evolve, the development of harmonized and future-oriented traffic signage taxonomies remains fragmented. The paper outlines current

¹ Autor zadužen za korespondenciju: miroslav.petrovic@devellop.com

research directions and highlights open issues that may point the way of evolution of classification frameworks for traffic signage toward unification within cooperative and automated transportation systems..

Keywords: Cooperative, Connected, and Automated Mobility (CCAM), Cooperative Intelligent Transport Systems (C-ITS), Automated driving, Roadside infrastructure, Taxonomies.

1. UVOD

Najnoviji značajan tehnološki i opšti napredak koji autonomna vozila približava implementaciji traje gotovo dve decenije i karakterišu ga i dostignuća na nivou kategorizacije, klasifikacije, standardizacije i zakonske regulative. Ovi nivoi omogućavaju postavljanje osnove za širi obim razvoja i implementacije autonomije vozila, i to na sledeći način:

- Kategorizacije definišu zajedničke pojmove i terminologiju, čime se omogućava razvrstavanje (klasifikacija) po usvojenim osobinama unutar definisanih kategorija;
- Standardi proširuju kategorizaciju i klasifikaciju na tehničke implementacije, performanse i bezbednosne zahteve u cilju postizanja interoperabilnosti;
- Zakonodavstvo kroz zakone i propise omogućava operativnost, definišući karakteristike proizvoda, povezane procese ili metode proizvodnje i to najčešće kroz zahtevanje usklađenosti sa standardima.

Kada su autonomna vozila u pitanju, globalni konsenzus o kategorijama postignut je pre desetak godina [1,2]. Sa druge strane, putna infrastruktura koju takva vozila koriste, prolazi takođe kroz značajne razvojne promene u cilju usklađivanja sa pomenutim napretkom, ali još uvek bez saglasnosti o jedinstvenoj kategorizaciji koja bi to ispratila.

Stoga je fokus ovog rada na pregledu dosadašnjih napora kad je kategorizaciji saobraćajne signalizacije u pitanju, uz ilustraciju jaza u napretku između perspektive vozila, putne infrastrukture i CCAM-a uopšte, kroz transformaciju saobraćajne signalizacije, izazove koji predstoje i predlog pravaca za buduća istraživanja i usaglašavanja.

1.1. Kategorizacija vozila

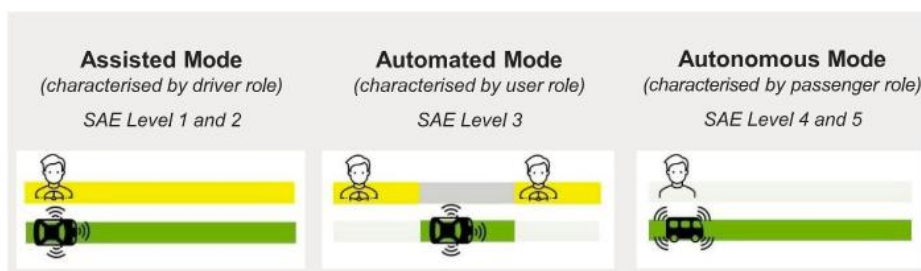
Još 2014. godine, kad su nivoi automatizacije vožnje u pitanju, na svetskom nivou se se izdvojile tri predloga kategorizacije:

- Nemački Savezni institut za istraživanje puteva (*Bundesanstalt für Straßen- und Verkehrswesen - BAST*), objavljena 2010. godine,
- Američka Nacionalna uprava za bezbednost saobraćaja na putevima (*National Highway Traffic Safety Administration - NHTSA*), objavljena 2013. godine, i
- Udruženje automobilskih inženjera (*SAE International*) J3016 – predložena 2014. godine i dodatno unapređivana 2016, 2018. i 2021. godine [1].

SAE J3016 je od samog početka uveo 6 nivoa automatizacije vožnje (na skali od 0 do 5), podeljenih u dve grupe: asistirane i automatizovane funkcije vožnje, dok su preostala dva predloga sadržala samo 5 nivoa, bez fine granularnosti koju su posedovali SAE nivoi 4 i 5 — BAST model se praktično završava sa SAE nivoom 4, dok NHTSA nije pravila razliku između nivoa 4 i 5.

SAE predlog je ubrzo prevladao — NHTSA je 2016. godine napustila kategorizaciju koju je predložila i usvojila SAE model, dok je BAST praktično transformisao svoj model u skladu sa SAE modelom. Kao što se može videti na slici 1, postoje manje razlike u pogledu grupisanja (tri grupe) i usmerenosti ka korisniku (fokus je na transformaciji uloge vozača), dok osnovni princip ostaje isti. Žute i zelene trake prikazuju vreme upravljanja od strane vozača (žuto) i vreme rada odgovarajuće asistirajuće, automatizovane ili autonomne funkcije (zeleno):

- Asistirani režim (klasični vozač ostaje vozač),
- Automatizovani režim (klasični vozač postaje korisnik),
- Autonomni režim (klasični vozač postaje putnik).



Slika 1. BASt režimi vožnje [2]

2. PUTNA INFRASTRUKTURA

2.1. Uloga putne infrastrukture

Uloga pametne i povezane infrastrukture u podršci automatizovanoj i autonomnoj vožnji značajna je za unapređenje performansi vožnje, nivoa automatizacije vozila i, pre svega, bezbednosti. U tom kontekstu, unapređenje postojeće saobraćajne signalizacije postavljene duž puta ili uvođenje potpuno novih rešenja od strane upravljača putne infrastrukture podstaknuto je ovim tehnološkim razvojem.

Pre svega, infrastruktura treba da unapredi sposobnosti opažanja autonomnog vozila kroz prikupljanje, obradu i analizu podataka o saobraćajnom okruženju, koje čine karakteristike i stanja saobraćajnica ali i drugih vozila u saobraćajnom toku. Ove informacije se dalje koriste kao relevantni podaci u algoritmima primenjenim vozilima na osnovu kojih se donose strateške, taktičke i operativne odluke tokom vožnje.

Pored toga, infrastruktura treba da pruži podršku vozilima u navigaciji kroz zahtevne uslove vožnje, kao što su smanjene senzorske detekcije odnosno navigacione sposobnosti usled specifičnih okolnosti na putu, kao što nepovoljni vremenski uslovi, zaklanjanje vidnog polja većim vozilima ili nedostatak konektivnosti [3].

Automatizovana, a pogotovo autonomna vozila, percipiraju okruženje pomoću senzora i komunikacionih modula, te njihov domet i funkcionalne mogućnosti u korelaciji sa okolnom putnom infrastrukturom, određuje nivo tih funkcionalnosti.

Projektovani operativni domen (*Operational Domain Design* - ODD), primenjen na automatizovana i posebno autonomna vozila, definiše uslove, uključujući i okruženje - putnu infrastrukturu, pod kojima se očekuje da sistem t.j. vozilo, može da funkcioniše na način kako je projektovano.

Globalno usvojena kategorizacija vozila navedene u prethodnom poglavlju ne uzima u obzir ova ograničenja infrastrukturne podrške koja je potrebna za svaki nivo autonomije vozila. Ova činjenica predstavlja kritičan nedostatak, budući da je na taj način značajan deo relevantnog operativnog okruženja izostavljen.

2.2. Kvantifikacija doprinosa pametne i povezane infrastrukture

Vozač, odnosno vozilo, u CCAM okruženju može da dobije informacije o saobraćajnoj signalizaciji na tri načina:

- vizuelnim opažanjem (klasična signalizacija),
- u digitalnom obliku putem ugrađenih računarskih sistema (navigacija), ili
- putem komunikacije vozilo–infrastruktura (*Vehicle to Infrastructure* - V2I) odnosno, u širem smislu, vozilo-okruženje (*Vehicle to Everything* - V2X).

Kada je reč o kvantifikaciji uticaja inteligentne infrastrukture na automatizovanu vožnju ova podela se može svesti na dva modela:

- inteligentni model vozača sa vizuelnim opažanjem saobraćajne signalizacije (*Intelligent Driver Model with Visual Observation* - IDM-VO) i
- inteligentni model vozača sa vozilom koje komunicira sa okruženjem (*Intelligent Driver Model with Vehicle to Infrastructure Interaction* - IDM-V2I).

Ova dva modela su realizovana i upoređena u simulacionom okruženju, u različitim scenarijima vožnje u blizini saobraćajne signalizacije. Rezultati pokazuju da IDM-V2I, u poređenju sa IDM-VO, odnosno uvođenje

pametne infrastrukture sa kojom vozilo komunicira unapređuje bezbednost saobraćaja i efikasnost, uz istovremeno smanjenje zagađenja i uštedu energije; konkretno IDM-VI u odnosu na klasičan IDM-VO model vožnje smanjuje:

- prosečno vreme putovanja za 12,98%,
- prosečno vreme zadržavanja pri zaustavljanju za 98,32%,
- potrošnju goriva za 22,53% [4].

2.3. Kategorizacija infrastrukture

Postojanje jedinstvene kategorizacije pametne i povezane infrastrukture, kao i procedura za procenu sposobnosti infrastrukture da podrži ovaj vid mobilnosti doprinosi jasnoj i jedinstvenoj proceni dostupnosti infrastrukturne podrške puteva za korisnike i njihova (autonoma) vozila. Istovremeno, usaglašene taksonomije i klasifikacija pomaže operaterima, upravljačima infrastrukture, nadležnim organima i donosiocima odluka da jasno planiraju, komuniciraju i sprovede investicije i unapređenja infrastrukture.

Kako globalni konsenzus još uvek nije postignut, različite ideje i predlozi za kategorizaciju infrastrukture u ovoj oblasti predstavljeni su poslednjih godina od strane gotovo svih ključnih globalnih aktera, od kojih izdvajamo Svetsku putnu asocijaciju (*World Road Association* - PIARC), Međunarodnu federaciju za puteve (*International Road Federation* - IRF), Odbor za istraživanje saobraćaja (*Transportation Research Board* - TRB), Konferenciju evropskih direktora za puteve (*Conference of European Directors of Roads* - CEDR), Evropsko udruženje za asfaltne kolovoze (*European Asphalt Pavement Association* - EAPA), kao i, naravno, predlozi na nivou EU, uključujući klaster za multimodalno upravljanje saobraćajem (*Multimodal Traffic Management* - MTM), koji obuhvata sedam evropskih projekata u okviru programa Horizon 2020 i Horizon Europe. U nastavku ovog poglavlja izdvojeni su najznačajniji predlozi i prezentovane njihove osnovne karakteristike.

2.3.1. ISAD klase (*Infrastructure Support Levels for Automated Driving*)

U cilju klasifikacije i harmonizacije opremljenosti putne infrastrukture da podrži vožnju u automatizovanom odnosno autonomnom režimu, projekat INFRAMIX [5] je kao jedan od rezultata predložio 2018. godine jednostavnu klasifikacionu šemu pod nazivom nivoi infrastrukturne podrške za automatizovanu vožnju (ISAD) [6].

Ova šema je koncipirana na sličan način kao SAE klasifikacija nivoa automatizacije vozila (s tim da se nivoi ne poklapaju direktno, pa se u nastavku dokumenta koriste termini „klase“ umesto „nivoi“, kako bi se naznačila postojanje razlike).

Nivoi infrastrukturne podrške odnose se na pojedine deonice puta ili autoputa, a ne na celu putnu mrežu, što podržava uobičajenu praksu implementacije nove infrastrukture koja se prioritetno postavlja na deonicama sa frekventnijim saobraćajem, dok u pojedinim ruralnim područjima podrška može u potpunosti izostati. Ovim pristupom kroz pet ISAD nivoa postiže se jednostavan način opisivanja onoga što automatizovana vozila mogu da očekuju na određenim delovima putne mreže.

Tabela 1. ISAD klasifikacija [6]

ISAD	TIP INFRASTRUKTURE	OPIS	DIGITALNA INFORMACIJA PROSLEĐENA VOZILU
A	digitalna	kooperativna vožnja	infrastruktura usmerava autonomna vozila
B		kooperativna percepcija	infrastruktura informiše grupu autonomnih vozila
C		dinamičke digitalne informacije	infrastruktura informiše autonomna vozila
D	konvencionalna	statičke digitalne informacije	autonomno vozilo prepoznaje svetlosnu signalizaciju
E		bez podrške za autonomna vozila	autonomno vozilo prepoznaje geometriju puta i sve znakove

2.3.2. LOSAD nivoi (*Level of Service for Automated Driving*)

ISAD više usmeren na komunikacione mogućnosti i digitalnu infrastrukturu puta, ali uočeni su nedostaci koji se odnose na način na koji fizička putna infrastruktura utiče na operativni domeni (ODD) vozila, odnosno na više SAE nivoe automatizovane vožnje (nivoi 2 – 5).

Stoga se u izveštaju koji je objavio PIARC 2021. godine [7], uvode se nivoi usluge za automatizovanu vožnju (LOSAD) kao proširenje ISAD klasa fokusiranih prevashodno na fizičku opremljenost drumskog segmenta za automatizovanu vožnju. Slično ISAD klasifikaciji, predloženo je pet nivoa, pri čemu je nivo E najmanje pogodan za automatizovanu vožnju (što ukazuje da se SAE nivoi 3–5 neće aktivirati, a vozači na nivou 2 neće imati značajne koristi), dok nivo A obezbeđuje bezbednu automatizovanu vožnju za SAE nivoe 4 i 5.

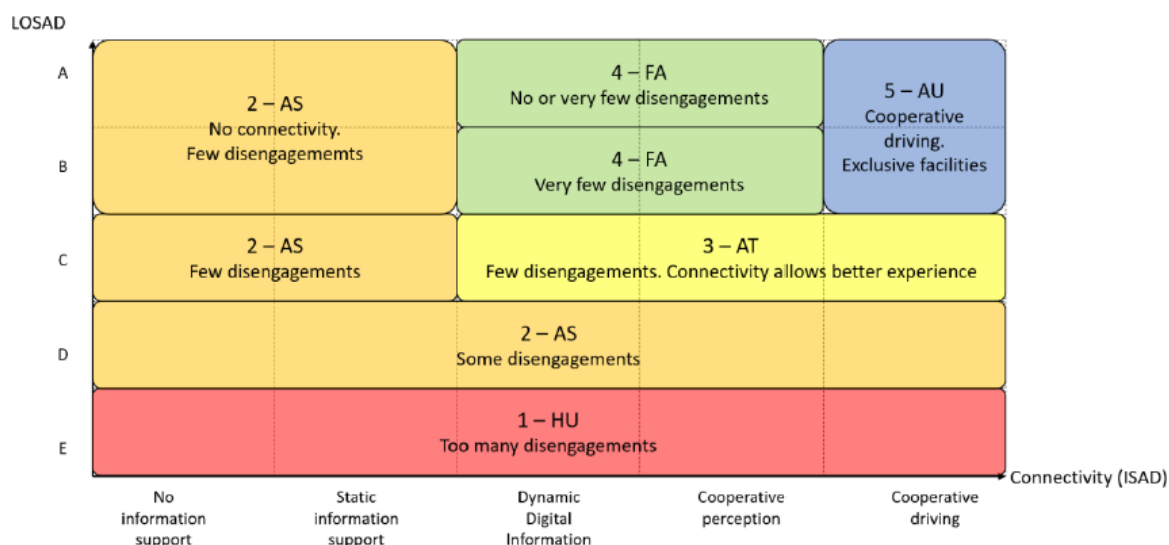
Tabela 2. LOSAD klasifikacija [7]

LOSAD	GLAVNE KARAKTERISTIKE
A	Podržava najveći broj operativnih domena automatizovanih vozila
B	Nepovoljni vremenski uslovi mogu uzrokovati prelazak u manuelni mod za neka vozila
C	Režim automatizovane vožnje ne može da se održi sve vreme i moguć je prelazak u manuelni mod
D	Vozila sa nižim stepenom automatizacije su u manuelnom modu
E	Manuelna vožnja za sva vozila

Treba napomenuti da su LOSAD-ovi dinamični – nivo LOSAD-a na određenoj deonici putne mreže može biti privremeno snižen za automatizovanu vožnju, na primer zbog nepovoljnih vremenskih uslova. Verovatnoća takvih događaja takođe može uticati na kategorizaciju, tj. manji broj prekida znači viši nivo kategorije za tu konkretnu putnu deonicu.

2.3.3. SRC klasifikacija (*Smart Roads Classification*)

Međusobna povezanost LOSAD i ISAD klasifikacije je u pomenutom PIARC izveštaju ilustrovana na slici 2 i korišćena je na dalje kao osnova za uspostavljanje klasifikacije pametnih puteva u 5 kategorija: *Humanway*, *Assistedway*, *Automatedway*, *Full Automatedway* i *Autonomousway* a sve to na osnovu 4 grupe faktora: fizička infrastruktura, digitalna infrastruktura, povezanost i korisnici.



Slika 2. Preporuka za SRC implementaciju [7]

Na kraju, predložene su četiri grupe pokazatelja (KPI) vezanih za putnu infrastrukturu: automatizacija, bezbednost, operativnost i nivo pametnog puta.

2.3.4. Klasifikacija infrastrukture u okviru SAE nivoa 4

Polazeći od pretpostavke da će SAE nivo 4 najverovatnije biti nivo automatizacije koji će uskoro biti primenjen, pojedini autori [3] su 2023. godine, a na osnovu analize scenarija vožnje i savremenih tehnologija putne infrastrukture, predložili pet podnivoa različitih tipova infrastrukture za sisteme automatizovane vožnje nivoa 4, koji su klasifikovani prvenstveno prema karakteristikama infrastrukture i/ili okruženja:

- Podnivo 4-A (namenski izdvojena trasa)
- Podnivo 4-B (autoput/brza saobraćajnica)
- Podnivo 4-C (dobro strukturiran put)
- Podnivo 4-D (ograničeno strukturiran put)
- Podnivo 4-E (neuređeno okruženje).



Slika 3. SAE nivo 4 klasifikacija infrastrukture [3]

2.3.5. SICI indeks (Smart Infrastructure Classification Index)

U okviru projekta TANGENT [8] predložena je 2024. nova klasifikacija pametne infrastrukture koja je nazvana Indeks klasifikacije pametne infrastrukture (SICI), u okviru kojeg su predložene sledeće kategorije klasifikacije i ukupno 68 parametara:

- *Fizički elementi* (3 parametra), fokusirani na skup kontrolnih indeksa fizičkih elemenata relevantnih za automatizovanu vožnju, kao što su oznake na putu i saobraćajni znakovi.
- *Percepcija infrastrukture* (8 parametara), koja obuhvata različite tipove senzora koji omogućavaju praćenje i prikupljanje podataka o različitim aspektima, kao što su tok (vozila, vozni parkovi i putnika) i bezbednost (detekcija incidenata, praćenje vremenskih uslova itd.).
- *Referentne informacije* (12 parametara), koje procenjuju dostupnost referentnih informacija na strani infrastrukture, prvenstveno od upravljača puteva i transporta, pružajući detalje koji prevazilaze ono što senzori mogu izmeriti i informacije koje inače nisu dostupne ljudskim vozačima.
- *Dinamičke informacije* (11 parametara), fokusirane na podatke koji se brzo menjaju i koji se ili direktno prikupljaju putem senzora percepcije (npr. brojači saobraćaja), obrađuju (npr. sistemi za kontrolu putnika) ili nastaju analizom prikupljenih senzorskih podataka od strane ljudi ili veštačke inteligencije (npr. video kamere ili 3D LiDAR).
- *Informacioni kanali* (10 parametara), koji definišu dostupnost različitih komunikacionih kanala, omogućavajući pametnoj infrastrukturi razmenu informacija između vozila, vozača i putnika.
- *Aktivno upravljanje saobraćajem* (24 parametra), koje ukazuje na nivo sposobnosti sistema da se prilagodi i optimizuje kroz interaktivnost i dvosmernu komunikaciju između pametne infrastrukture i (pametnih) vozila, vozača i/ili putnika.

2.3.6. SRICI indeks (*Smart Road Infrastructure Classification Index*)

U okviru projekta FRONTIER [12], IRF je u saradnji sa partnerima iz konzorcijuma razvio 2025. godine Indeks klasifikacije pametne putne infrastrukture (SRICI).

Indeks klasifikacije pametne putne infrastrukture obuhvata tri ključne kategorije parametar u cilju procene spremnosti putne infrastrukture za prihvatanje povezanih i automatizovanih vozila (*Connected and Automated Vehicles* - CAV), uspostavljanjem standarda grupisanih u 3 kategorije: fizičku infrastrukturu (oznake na putu, saobraćajni znakovi, geometrija puta), digitalnu infrastrukturu (digitalne mape, sajber bezbednost, GNSS lokalizacija) i komunikacije (kvalitet signala, domet komunikacije, kašnjenje), sa ukupno 56 parametara unutar ove tri grupe kategorija.

Svaki parametar se ocenjuje na skali od 1 do 10, pri čemu se procenjuje njegova sposobnost da ispuni odgovarajuće zahteve, obezbedi nesmetano funkcionisanje sistema autonomnih vozila, zadovolji minimalne standarde ili se smatra nedovoljnim.

3. KOOPERATIVNA, POVEZANA I AUTOMATIZOVANA MOBILNOST

Kroz koncept kooperativne, povezane i automatizovane mobilnosti (*Cooperative, Connected and Automated Mobility* - CCAM) i njegove implementacije u kooperativnim inteligentnim transportnim sistemima (*Cooperative Intelligent Transport Systems* - C-ITS), klasifikacija saobraćajne signalizacije i kompletne putne infrastrukture koja je sa tim u vezi, dodatno se izdiže iz dimenzije fizičkog elementa putne infrastrukture, i transformiše u strukturisani izvor informacija koji se ostvaruje interakciju između infrastrukture i vozila. Ovoj transformaciji pored elemenata neophodnih za realizaciju automatizovane vožnje, doprinosi i potreba za uspostavljanje kooperativne i povezane mobilnosti.

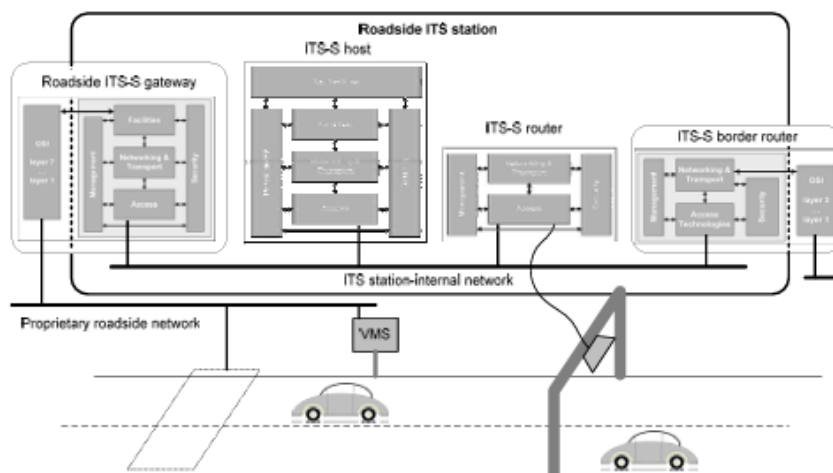
3.1. Kooperativnost

Standard SAE J3216, prvi put objavljen 2020. godine, a zatim revidiran 2021. i 2025. godine, bavi se prvenstveno kooperativnom automatizacijom vožnje i uloge saradnje između vozila kroz komunikaciju mašina-mašina (M2M) [10]. Najnovija revizija iz 2025. godine uvodi preciznije razgraničenje između kooperativne automatizacije vožnje (CDA) i sveobuhvatnije V2X komunikacija.

Pored „nultog slučaja“, gde ne postoji kooperativna automatizacija, uvedene su četiri klase saradnje između vozila, od jednostavnije ka naprednijoj:

- Klasa A ostvaruje saradnju razmenom statusnih informacija
- Klasa B dozvoljava saradnju do nivoa razmene namera
- Klasa C omogućava saradnju kroz postizanje dogovora između učesnika u saobraćaju
- Klasa D uključuje i prihvatanje komandi od strane drugih učesnika.

Dodatno, standard SAE J3216 definiše vezu između svih 5 klasa (A–D i „nultog slučaja“) sa SAE nivoima automatizacije vožnje.



Slika 4. C-ITS komunikacijska stanica pozicionirana duž puta [11]

3.2. Povezanost

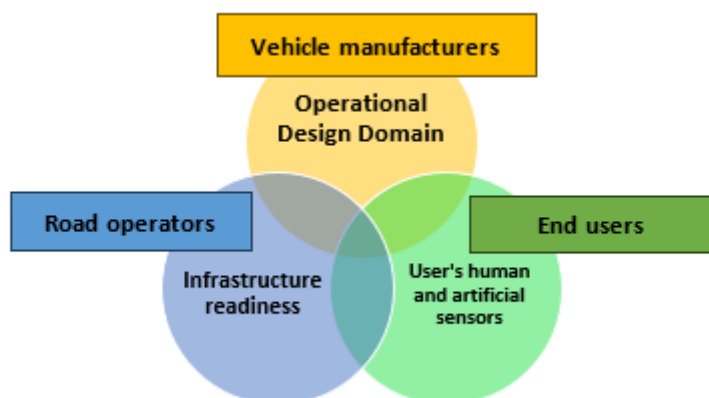
Povezanost između vozila, kao i između vozila i saobraćajne infrastrukture, predstavlja tehnološku osnovu za kooperativnu, povezanu i automatizovanu mobilnost, odnosno kooperativne inteligentne transportne sisteme (C-ITS). Sposobnost vozila da komunicira sa svojim okruženjem (drugim vozilima, putnom infrastrukturom, centrima za upravljanje saobraćajem, pa čak i ranjivim učesnicima u saobraćaju) – poznata kao komunikacija vozilo-okruženje (V2X) – omogućava niz novih ili unapređenih funkcija koje doprinose većoj bezbednosti saobraćaja, boljoj efikasnosti saobraćaja i većem komforu za vozača.

Osnovu V2X sistema čini povezanost vozila, što nas dovodi do glavne relevantne tehnološke komponente – tehnologija prenosa podataka / ITS komunikacija (ITSC). Osnovni okvir za ovo postavljen je još ranije – temelji komunikacione arhitekture definisani su u relevantnom standardu još 2010. godine i ilustrovani na slici 4 [11].

3.3. Koordinacija

Svrha uvođenja taksonomija je da se obezbedi konzistentnost u ovom razvoju podložnom i inovativnom području. Taksonomije uvode red u svet tema, ideja i aktivnosti aktera CCAM-a iz različitih industrija i sektora, podstiču zajedničko razumevanje problema i mogućnosti delovanja, te olakšavaju razmenu stečenog znanja. Za uspešnu kooperativnu, povezanu i automatizovanu mobilnost, neophodna je koordinacija kako bi se uskladili interesi i prioriteti svih aktera.

Stoga je 2022. godine [12] predloženo razmatranje međusektorske taksonomije koja, uz perspektivu vozila i infrastrukture uvodi i trećeg aktera - (krajnjeg) korisnika. Taj predlog je ovde razrađen kroz kreiranje trodimenzionalnog konceptualnog modela (slika 5), koji bi trebalo da posluži kao osnova za jedan od mogućih pravaca razvoja šire i sveobuhvatnije, ali istovremeno i primenljivije taksonomije za najširi krug relevantnih aktera. Pri tome se treba rukovoditi troškovnim parametrima kada su automobilske i infrastrukturni sektor u pitanju, ne zanemarujući pritom specifičnosti i potrebe korisnika.



Slika 5. Predloženi konceptualni model taksonomije CCAM-a [autori]

4. ZAKLJUČAK

Povezana i autonomna vozila predstavljaju brzo napredujući skup novih tehnologija, sa brojnim izazovima koji tek treba da se razreše, poput neregulisanih i nepredvidivih situacija, različitih događaja i prepreka, složene geometrije puteva, kao i raznolikih tehničkih i tehnoloških nivoa učesnika u saobraćaju, što dodatno povećava kompleksnost problema koje treba rešiti. Pored toga, pitanja bezbednosti, sajber bezbednosti, etike, odgovornosti i transparentnosti koje nove tehnologije sa sobom donose uvode dodatne i kao takve do sada nedovoljno razmatrane nivoe složenosti.

Putna infrastruktura u okviru CCAM paradigme transformiše klasične fizičke saobraćajne znakove u trodimenzionalni prostor: fizičku, digitalnu i komunikacionu infrastrukturu, vođenu razvojem tehnologija. Taksonomije prate isti obrazac, razvijajući se paralelno sa tehnološkim napretkom. Poređenjem CCAM infrastrukturnih modela prikazanih u ovom radu može se uočiti proces unapređenja metodologija tokom godina koje utiču na više oblasti:

- sama vozila (različiti nivoi tehnologije i autonomije);

- fizička infrastruktura (putevi, saobraćajni znakovi i okruženje);
- digitalna infrastruktura (senzori i digitalni blizanci fizičke infrastrukture);
- komunikaciona infrastruktura (razmena informacija između aktera na horizontalnom i vertikalnom nivou);
- uticaj na životnu sredinu (vremenski uslovi i prirodno okruženje);
- ranjive grupe učesnika (pešaci, biciklisti i slična vozila, životinje).

Takođe, uticaji i prioriteti razlikuju se u zavisnosti od perspektive različitih aktera:

- sa strane infrastrukture (npr. upravljači puteva, saobraćajne vlasti, regulatori puteva);
- iz ugla proizvođača vozila;
- sa stanovišta korisnika.

Kao što je prikazano u ovom radu, ovaj proces je daleko od završenog. Postoji niz aktivnosti i novih projekata u okviru C-ITS okruženja koji dopunjuju dosadašnja dostignuća i donose nove ideje. Autori su predstavili model taksonomije CCAM na konceptualnom nivou koji uzima u obzir sve tri glavne grupe aktera: segment vozila, infrastrukture i korisnika.

Sa tim u vezi, trošak predstavlja zajednički imenitelj automobilske i infrastrukturne sektora, a koordinisano investiranje, za razliku od situacija u kojima svaki akter deluje samostalno, čini se kao razuman pristup. Na taj način moguće je ostvariti ekonomiju obima kroz koordinaciju među CCAM akterima, uz uvažavanje perspektive korisnika. Ovo bi trebalo da dovede do usklađivanja ciljeva u pogledu troškova i vrednosti, obezbeđujući da transformacija saobraćajne signalizacije prati potrebe svih ključnih grupa aktera.

Literatura

- [1] *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*. Surface Vehicle Recommended Practice, SAE International, J3016, 2021
- [2] Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) Homepage (2026), (on-line), available at https://www.kba.de/EN/Themen_en/Marktueberwachung_en/Produktpruefungen_en/AutomatisiertesAutonomesFahren_en/Automatisierungsstufen_en/Automatisierungsstufen_node_en.html (29.03.2026)
- [3] Chen, S.; Zong, S.; Chen, T.; Huang, Z.; Chen, Y.; Labi, S. A. (2023): *Taxonomy for Autonomous Vehicles Considering Ambient Road Infrastructure, Sustainability*, Volume 15, Issue 14
- [4] Sun D., He Y., Zhao M., Cheng S. (2018): *Cooperative driving modelling in the vicinity of traffic signals based on intelligent driver model*, IET Intelligent Transport Systems, Volume 12, Issue 10
- [5] INFRAMIX project (2019), *Road INFRAstructure ready for MIXed vehicle traffic flows*, D.5.4 Infrastructure Classification Scheme, 6. December 2019
- [6] Carreras, A., Daura, X., Erhart, J., Ruehrup, S. (2018): *Road infrastructure support levels for automated driving*, 25th ITS World Congress, Copenhagen, Denmark, 17-21 September 2018
- [7] Garcia, A., Camacho-Torregrosa, F.J., Llopis-Castelló, D & Monserrat, J.F. (2021): *Smart Roads Classification*. Special Project. World Road Association – PIARC, Paris
- [8] TANGENT project (2024), *Smart Infrastructure Index Classification Report*. D6.6, First release, 31. October 2024
- [9] FRONTIER project (2025), (on-line), available at <https://www.frontier-project.eu/>, (30.03.2026.)
- [10] European Standard (Telecommunications series), (2010): *Intelligent Transport Systems (ITS); Communications Architecture*, ETSI EN 302 665 V1.1.1, September 2010
- [11] SAE International (2025): *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Cooperative Driving Automation for On-Road Motor Vehicles*, Surface Vehicle Information Report, J3216, 2025
- [12] Geißler T., Shi E. (2022): *Taxonomies of Connected, Cooperative and Automated Mobility*, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV), Aachen, Germany, June 5-9, 2022