

Inteligentni sustavi upravljanja cestovnim prometom

Koričić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:187:840917>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-18**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

ANA KORIČIĆ

**INTELIGENTNI SUSTAVI UPRAVLJANJA CESTOVNIM
PROMETOM**

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2022.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**INTELIGENTNI SUSTAVI UPRAVLJANJA CESTOVNIM
PROMETOM
INTELLIGENT ROAD TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEMS**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Poslovni informacijski sustavi

Mentor: izv. prof. dr. sc. Edvard Tijan

Komentor: izv. prof. dr. sc. Saša Aksentijević

Studentica: Ana Koričić

Studijski smjer: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112066492

Rijeka, rujan 2022.

Studentica: Ana Koričić

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112066492

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom Inteligentni sustavi upravljanja prometom izradila samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Edvarda Tijana te komentorstvom izv. prof. dr. sc. Saše Aksentijevića.

U radu sam primijenila metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristila se literaturom koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući navela u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirala sam i povezala s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Studentica



Ana Koričić

Studentica: Ana Koričić

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu
JMBAG: 0112066492

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao studentica – autorica diplomskoga rada dopuštam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskoga fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenoga pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskoga fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnoga, vremenskoga i prostornoga ograničenja svojega diplomskog rada kao autorskoga djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>.

Studentica – autor



Ana Koričić

SAŽETAK

Cestovni promet složeni je sustav koji je ključan za globalno gospodarstvo. Rastom broja stanovništva, a time i vozila, dolazi do zagušenja i smanjene učinkovitosti trenutne prometne infrastrukture. Sukladno izazovima modernoga društva u domeni mobilnosti integriraju se inteligentni sustavi kojima je cilj riješiti postojeće probleme cestovnoga prometa. Inteligentni sustavi upravljanja cestovnim prometom donose veliku korist društvu pružajući učinkovitije sustave javnoga, osobnoga i komercijalnoga prijevoza. Osim općih aspekata, kao što su veća sigurnost i kraće vrijeme putovanja, postoje još brojne prednosti koje se mogu ostvariti postojećim tehnologijama. ITS rješenja povezuju vozila, prometnu signalizaciju, naplatne kućice i drugu infrastrukturu kako bi olakšali promet, spriječili nesreće, smanjili emisije i učinili prijevoz učinkovitijim. U radu su opisani inteligentni transportni sustavi u cestovnom prometu, njihove značajke te arhitektura. Prikazana je primjena inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu komunikacijom vozila i okoline, prikupljanjem podataka o autocestama, elektroničkim naplatama cestarina i ostalim čimbenicima koji utječu na inteligentne sustave u cestovnom prometu. U konačnici je u radu prikazan prijedlog uvođenja inteligentnoga sustava upravljanja na mikrolokaciji Pehlin u gradu Rijeci.

Ključne riječi: cestovni promet, inteligentni sustavi, mobilnost, moderne tehnologije, parking.

SUMMARY

Road traffic is a complex system crucial for the global economy. With the increase of both human population and number of vehicles, more and more traffic congestions are caused which thus lead to decreased efficiency of traffic infrastructure. When it comes to mobility, intelligent systems are integrated to surpass the challenges of modern society, which aim to solve existing road traffic problems. Intelligent road traffic management systems bring great benefit to society since they provide more effective systems of public, personal and commercial transport. In addition to the usual benefits, such as better safety and shorter travel time, there are more advantages that can be achieved with existing technologies. ITS solutions connect vehicles, traffic signalization, toll booths and other infrastructure to facilitate traffic, prevent accidents, reduce emissions, and make transport more effective. The paper describes intelligent transport systems in road traffic, their features and architecture. The application of intelligent transport systems on road traffic is shown through the communication of vehicles with the environment, data collection from highways, electronic toll collection and other factors that affect intelligent road traffic systems. Lastly, a proposal is suggested for the introduction of intelligent traffic system on the microlocation of Pehlin in City of Rijeka.

Keywords: intelligent systems, mobility, modern technologies, parking, road traffic

SADRŽAJ

SAŽETAK	II
SUMMARY	III
1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA	2
1.2. RADNA HIPOTEZA	2
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA	3
1.4. ZNANSTVENE METODE	3
1.5. STRUKTURA RADA	3
2. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI.....	5
2.1. OSNOVNE ZNAČAJKE INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA.....	6
2.2. ARHITEKTURA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA.....	11
3. PRIMJENA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA U CESTOVNOM PROMETU.....	14
3.1. NAČINI KOMUNIKACIJE VOZILA I OKOLINE	15
3.1.1. <i>Vehicle to Network (V2N)</i>	17
3.1.2. <i>Vehicle to Vehicle (V2V)</i>	18
3.1.3. <i>Vehicle to Infrastructure (V2I)</i>	20
3.1.4. <i>Vehicle to cloud (V2C)</i>	21
3.1.5. <i>Vehicle to pedestrian (V2P)</i>	22
3.1.6. <i>Vehicle to device (V2D)</i>	23
3.1.7. <i>Vehicle to grid (V2G)</i>	24
3.2. AUTONOMNA VOZILA.....	25
3.3. NAPREDNI SUSTAVI ZA POMOĆ U VOŽNJI.....	29
3.4. UPRAVLJANJE PARKIRANJEM U STVARNOM VREMENU	30
3.5. ELEKTRONIČKA NAPLATA CESTARINE.....	32
3.6. PRIKUPLJANJE PODATAKA O AUTOCESTAMA	34
3.7. INTELIGENTNE PROMETNICE.....	36
3.8. PAMETNI SEMAFORI.....	40
3.9. PAMETNI PJEŠAČKI PRIJELAZI	44

4. PRIJEDLOG UVOĐENJA INTELIGENTNOGA SUSTAVA UPRAVLJANJA – MIKROLOKACIJA PEHLIN (RIJEKA).....	47
4.1. ANALIZA STANJA TRENUTNE SIGNALIZACIJE NA DIONICI CESTE OSNOVNE ŠKOLE „PEHLIN“ U RIJECI.....	47
4.2. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA PROMETNOGA RJEŠENJA PROMATRANE DIONICE CESTE	52
5. ZAKLJUČAK.....	57

LITERATURA

KAZALO KRATICA

POPIS TABLICA

POPIS SHEMA

POPIS SLIKA

1. UVOD

Rastuće razine zagušenja zbog povećanja cestovnoga prometa naglašavaju važnost novih tehnoloških razvoja u koje spadaju i inteligentni transportni sustavi. Ideja je takvih sustava osigurati učinkovito korištenje raspoloživoga kapaciteta ceste kontroliranjem prometnih operacija i utjecajem na ponašanje vozača pružanjem informacija.

Prilikom odabira putovanja sudionici u cestovnom prometu stalno kombiniraju različite izvore informacija o stanja u cestovnom prometu, ali teško mogu doći do podataka za više prometnih situacija u isto vrijeme. Putnici u tom slučaju imaju samo djelomične i netočne informacije o prometnim uvjetima na cestovnoj mreži te ne mogu uskladiti podatke s tuđima, primjerice, promijeniti vrijeme polaska kako bi izbjegli gužve.

Zbog potonjega inteligentni transportni sustavi služe kao rješenje kojima bi se spriječile nepredvidive situacije u cestovnom prometu. Inteligentni transportni sustavi odnose se na korištenje informacijskih i komunikacijskih tehnologija u cestovnom prometu.

Inteligentni transportni sustavi pružaju alate za transformaciju mobilnosti i poboljšanje sigurnosti, a posebno su važni u kontekstu rada cestovne mreže. Imaju potencijal riješiti probleme koji danas utječu na cestovni promet.

Mogu poboljšati protok cestovnoga prometa smanjenjem gužvi, brzo detektirati incidente i na njih primjereno reagirati, poboljšati kvalitetu zraka smanjenjem lokalnih razina onečišćenja i smanjenjem kašnjenja na putovanju, poboljšati sigurnost pružanjem upozorenja prije mogućih situacija sudara te minimizirati utjecaj okoliša, autoceste i ljudskih čimbenika koji doprinose nesrećama. Mnogo je čimbenika kojima inteligentni transportni sustav može pozitivno utjecati na cestovni promet.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Predmet su istraživanja diplomskoga rada inteligentni sustavi upravljanja cestovnim prometom.

Problem istraživanja na globalnoj razini javlja se zbog povećanih zahtjeva putovanja u cestovnom prometu, što rezultira prometnim zagušenjima. Zagušenja stvaraju posljedice kao što su gužve, nesreće, onečišćenja i slično.

Cilj ovoga diplomskoga rada predložiti je rješenje koje se u ovom primjeru svodi na prisilno smirivanje prometa izmjenom i nadopunom postojeće signalizacije i zamjenom trenutnoga semafora s novim, pozivno pješačkim, semaforom ili uvođenja sustava videodetekcije s kamerom koja mjeri brzinu vozila.

Problem i predmet istraživanja odnose se na objekt istraživanja, a to su pojava, primjena i razvoj inteligentnih sustava upravljanja prometom.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Na početku izrade diplomskoga rada postavlja se radna hipoteza koja služi kao vodilja u daljnjem istraživanju i analiziranju. Hipoteza od koje se polazi jest da su inteligentni sustavi upravljanja cestovnim prometom ti koji mijenjaju način na koji funkcionira cijeli prometni sustav te da imaju značajnu ulogu u sigurnosti i mobilnosti svih sudionika u prometu.

Inteligentni transportni sustavi potrebni su prometnom sustavu kako bi se izbjegnule prometne gužve i kako bi cijeli prometni sustav bio siguran i održiv.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha istraživanja ovoga diplomskoga rada doći je do odgovora na pitanje: „Mogu li inteligentni sustavi upravljanja prometom riješiti postojeće probleme zagušenja i sigurnosti u cestovnom prometu?” Također, cilj je rada ukazati na potrebu uvođenja inteligentnih sustava upravljanja cestovnim prometom kako bi cijela zajednica imala koristi od toga.

Cilj je diplomskoga rada prikazati osnovne značajke inteligentnih sustava upravljanja prometom te postojeća rješenja u cestovnom prometu.

1.4. ZNANSTVENE METODE

Metode istraživanja koje su uključene u izradu diplomskoga rada temelje se na neizravnom ispitivanju, odnosno takvom pri kojem je istraživačka osnova akademska i publicistička građa, a koja se sama temelji na izravnim ispitivanjima teorijske građe.

U tom teorijskom kontekstu metode istraživanja uključuju:

- metodu komparacije
- metodu valorizacije i selekcije referentne bibliografske građe
- metodu deskripcije
- metodu kritičkoga iščitavanja sadržaja koja je korištena u kontekstu stvaranja konceptualnoga konteksta
- metodu sintetizacije
- metodu dedukcije koja je korištena u izradi zaključka.

1.5. STRUKTURA RADA

Rad je strukturno podijeljen na pet međusobno povezanih poglavlja i započinje uvodom.

U uvodu su definirani problem, predmet i objekti istraživanja, radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode i struktura rada.

Nakon uvoda obrađena je tema inteligentnih transportnih sustava, gdje su prikazane osnovne značajke inteligentnih transportnih sustava i arhitektura. U trećem poglavlju rada prikazana je primjena inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu. U prvom dijelu trećega poglavlja prikazani su načini komunikacije vozila prema okolini te su opisane sljedeće tehnologije: Vehicle to Network (V2N), Vehicle to Vehicle (V2V), Vehicle to Infrastructure (V2I), Vehicle to cloud (V2C), Vehicle to pedestrian (V2P), Vehicle to device (V2D) i Vehicle to grid (V2G). U nastavku trećega poglavlja prikazana su autonomna vozila, napredni sustavi za pomoć u vožnji, upravljanje parkiranjem u stvarnom vremenu, elektronička naplata cestarine, prikupljanje podataka o autocestama, inteligentne prometnice, pametni semafori i pametni pješački prijelazi. U četvrtom poglavlju predloženo je uvođenje inteligentnoga sustava upravljanja prometom na mikrolokaciji Pehlin u gradu Rijeci, gdje je najprije prikazana analiza stanja trenutačne signalizacije na dionici ceste, a nakon čega je dan prijedlog poboljšanja prometnoga rješenja promatrane dionice ceste. Diplomski rad završava zaključkom koji ujedno objedinjuje sva poglavlja rada.

2. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI

ITS (engl. *Intelligent transport systems* – inteligentni transportni sustavi) primjenjuju informacijske i komunikacijske tehnologije kako bi učinili mobilnost sigurnijom, učinkovitijom i održivijom. Uz ITS građani mogu dobiti bolje informacije korištenjem aplikacija u automobilu, primjerice o prometnoj regulaciji i radovima na cesti. Sustavi poput eCall-a (engl. *Emergency call* – hitni poziv), koji automatski upozoravaju hitne službe u slučaju nesreće, već su instalirani u 12 milijuna automobila. ITS tako dovodi do sveukupno sigurnijega, učinkovitijega i udobnijega iskustva vožnje.¹

Koncept inteligentnih transportnih sustava, razvijen od 1980-ih, uključuje sve vrste prijevoza. Pametniji i interoperabilni prometni sustav omogućuje učinkovitije upravljanje prometom i mobilnošću različitim vrstama prijevoza, olakšavajući kombiniranje najodrživijih načina prijevoza.

Primjerice, mobilne aplikacije predlažu putnicima različite mogućnosti prijevoza kako bi došli do odredišta. Također, prijevoznici će svoje uvide podijeliti s nadležnim tijelima radi donošenja boljih odluka o upravljanju mobilnošću. Zauzvrat, to će smanjiti zagušenje i smanjiti emisije štetnih plinova.²

Najznačajnije su prednosti ITS-a:

- smanjuje utjecaj prometa na okoliš, poboljšava energetska učinkovitost i smanjuje ovisnost o fosilnim gorivima
- smanjuje zagušenja i optimizira korištenje postojeće infrastrukture
- povećava sigurnost u prometu
- utječe na bolje iskustvo cjelokupnoga prometnog sustava.³

Učinkovit prometni sustav pojavio se kao vitalna komponenta za svaki uspješan grad. On može pametno upravljati prometnim zagušenjima, pametno pratiti funkcioniranje prometnih sustava i inteligentno intervenirati kada god je to potrebno te pružati informacije u stvarnom vremenu.

¹ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_6727, (20. 5. 2022.)

² Ibid.

³ Ibid.

Postoje brojni razlozi uvođenja ITS-a, a neki su od njih:

- neadekvatan razvoj cesta
- povećana stopa nesreća
- nije moguće izgraditi dovoljno novih cesta ni zadovoljiti potražnju
- poboljšanje atraktivnost javnoga prijevoza
- rješavanje gužve, koja povećava vrijeme putovanja i troškove industrije
- smanjenje utjecaja prometa na okoliš.⁴

Svi pozitivni razlozi uvođenja ITS-a utječu na to da se stručnjaci sve više bave uvođenjem novih tehnologija u cestovni prometni sustav.

2.1.OSNOVNE ZNAČAJKE INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA

ITS je tehnologija, aplikacija ili platforma koja poboljšava kvalitetu prijevoza ili postiže druge rezultate na temelju aplikacija koje prate, upravljaju ili poboljšavaju transportne sustave.⁵

ITS sustavi oslanjaju se na prikupljanje podataka i njihovu analizu. Nakon što je sustav izgrađen za prikupljanje podataka i njihovu analizu, rezultati se koriste za kontrolu, upravljanje i planiranje prijevoza. Senzori igraju važnu ulogu u prikupljanju podataka.⁶

ITS pretvara podatke u znanje koje korisnicima prijevoza omogućuje donošenje odluka osiguravajući sigurno i učinkovito korištenje objekata. Primjerice, u takvom sustavu svaki putnik ima pristup najpouzdanijim informacijama gotovo svih načina prijevoza sa svake točke na prometnoj mreži.

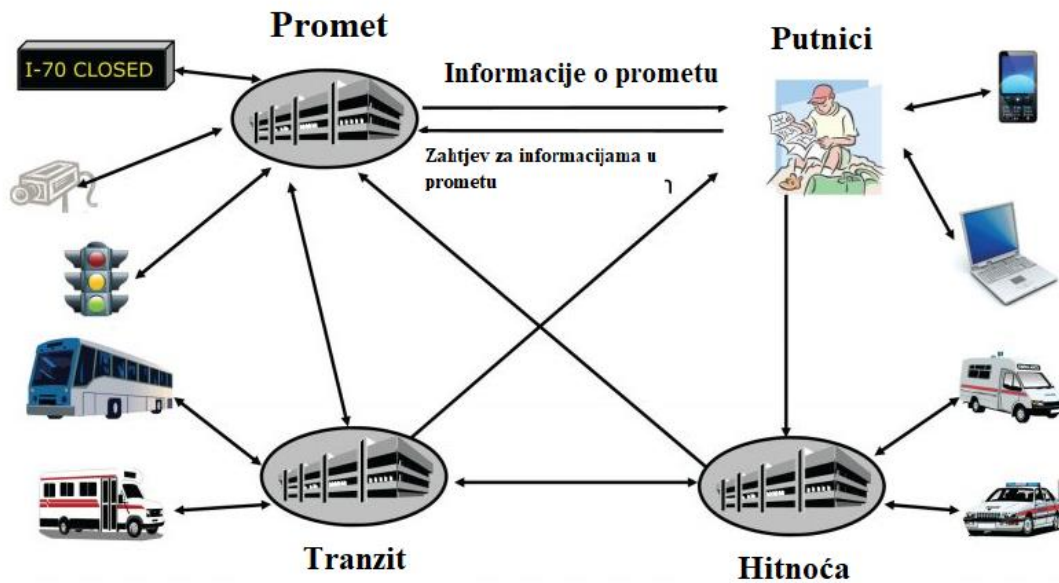
Putinici mogu odabrati način putovanja i rutu koja će im dati minimalno vrijeme putovanja i udaljenosti, čineći dinamičke prilagodbe na temelju informacija u stvarnom vremenu.⁷

⁴ <https://www.aindralabs.com/what-is-intelligent-transportation-system-its-applications-and-examples/>, (20.5. 2022.)

⁵ <https://theconstructor.org/transportation/intelligent-transportation-system/1120/> (22. 5. 2022.)

⁶ Ibid.

Način rada inteligentnih transportnih sustava prikazan je na slici 1.



Slika 1. Načini rada inteligentnih transportnih sustava

Izvor: obrada autorice prema <https://www.aindralabs.com/what-is-intelligent-transportation-system-its-applications-and-examples/>, (20. 5. 2022.)

ITS usluge i proizvodi temelje se na kombiniranju širokoga spektra informacija o prometnim mrežama, putnicima i vozilima. Mogu se postaviti:

- na infrastrukturu (zbog poboljšanje upravljanja mrežom i povećanje produktivnosti)
- na vozila (zbog poboljšanja sigurnosti, smanjenja vremena putovanja i emisija zagađivača)
- od strane putnika (zbog pojednostavljenja pri kupnji i plaćanju karata te pružanju boljih informacija)
- u sva tri navedena sektora kako bi poboljšao mobilnost i pristupačnost u svim segmentima.

⁷ Mandžuka, S. et al.: Directives of the European Union on Intelligent Transport Systems and their Impact on the Republic of Croatia, Promet-Traffic&Transportation, Vol. 25, No. 3, 2013., str. 273-283

ITS je specifičan za prometni sustav jer pokriva ključne komponente prometnih sustava: vozila, infrastrukturu, putnike i vozače vozila.⁸

U nastavku je u tablici 1 prikazan način rada ITS sustava.

Tablica 1. Način na koji rade inteligentni transportni sustavi

Sadržaj	Podaci
Prikupljanje podataka	<ul style="list-style-type: none"> • Hardver <ul style="list-style-type: none"> - senzori - kamere - GPS • Vrsta podataka <ul style="list-style-type: none"> - broj prometa - nadzor - brzina i vrijeme - lokacija - težina vozila - kašnjenje - ...
Prijenos podataka	<ul style="list-style-type: none"> • Brz prijenos podataka u stvarnom vremenu između ceste i centra za upravljanje prometom
Analiza podataka	<ul style="list-style-type: none"> • Ispravljanje pogrešaka, čišćenje podataka, sinteza podataka i adaptivna logička analiza
Prijenos podataka	<ul style="list-style-type: none"> • Brz prijenos podataka u stvarnom vremenu između centra za upravljanje prometom i putnika
Inteligentne informacije	<ul style="list-style-type: none"> • Informacije u stvarnom vremenu kao što su: <ul style="list-style-type: none"> - vrijeme putovanja - brzina putovanja - kašnjenje - nesreće na cestama - promjena rute - skretanja - uvjeti u radnoj zoni. • Oni isporučuju široki raspon elektroničkih uređaja, kao što su: <ul style="list-style-type: none"> - promjenjivi znakovi poruka - radio za autoceste - internet - SMS - automatizirane stanice.

Izvor: obrada autorice prema <https://www.aindrallabs.com/what-is-intelligent-transportation-system-its-applications-and-examples/>, (20. 5. 2022.)

⁸ Perallos, A., Jayo-Hernandez U., Onieva E., Zuazola, I.J. G.: Intelligent Transport Systems: Technologies and Applications, Wiley, 2015.

Usluge ITS-a normirane su i na međunarodnoj razini. ISO (engl. *International Standardization Organization* – međunarodna organizacija za normizaciju) još je 1900. godine normirala ITS usluge dokumentom ISO TR 14813-1,⁹ a ta je norma doživjela nekoliko revidiranja nakon kojih je s osam funkcionalnih područja, koliko ih je imala normom iz 1999., norma dodatno povećana na 11 funkcionalnih područja i 32 usluge.¹⁰

Funkcionalna područja ITS-a prikazani na slici 2.



Slika 2. Funkcionalna područja ITS-a

Izvor: izrada autorice prema Bošnjak, I., Badanjak, D.: Osnove prometnog inženjerstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2005., p. 15.

Svaki od navedenih funkcionalnih područja ITS-a sadrži veliki broj usluga.

⁹ Prometni informacijski i kontrolni sustavi. Arhitekture referentnog modela za sektor TICS-a — 1. dio: Osnovne usluge

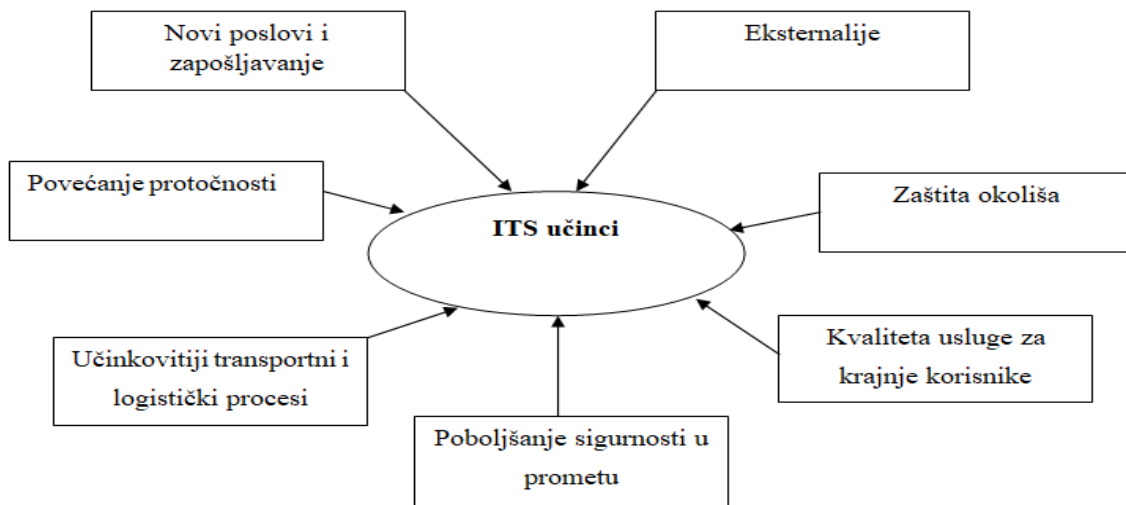
¹⁰ Bošnjak, I., Badanjak, D.: Osnove prometnog inženjerstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2005., p. 10.

Kako se približava doba samovozećih automobila, u automobilskoj industriji već se neko vrijeme razmatraju mogućnosti pametnih transportnih sustava. Pametni prijevozi već su u upotrebi danas, a pametniji gradovi diljem svijeta usvajaju IT rješenja za rješavanje problema kao što su automobilska navigacija, sustavi kontrole prometne signalizacije, praćenje prometa u stvarnom vremenu i pametno parkiranje. Potražnja za takvim rješenjima velika je na razvijenim tržištima i tržištima u nastajanju.

Akcijski plan za uvođenje ITS-a¹¹ može se smatrati dokumentom koji je pokrenuo snažniji i usmjereniji razvoj ITS-a u Europskoj uniji. Potencijal ITS-a mogao bi se ostvariti samo ako se njegova implementacija u Europi transformira iz ograničene i fragmentirane u implementaciju provedenu na razini cijele Europske unije.

Uloga EU-a stvoriti je okvire koji će uključivati prioritete politike, izbor generičkih komponenti ITS-a i jasan raspored za specifične aktivnosti.¹²

Učinci ITS-a prikazani su u nastavku na shemi 1.



Shema 1. Učinci ITS-a

Izvor. izrada autorice prema <https://www.citiesforum.org/news/emergence-of-integrated-traffic-management-system/> (20. 6. 2022.)

¹¹ Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe, COM (2008)

¹² Ibidem.

U okviru ITS-a razvijaju se vozila, pametne prometnice, adaptivni sustavi semaforiziranih raskrižja, učinkovitiji javni prijevoz, automatsko javljanje i pozicioniranje vozila u nesreći, biometrijski sustavi identifikacije putnika i mnogi drugi.

2.2. ARHITEKTURA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA

Arhitekture ITS-a prije svega odnose se na razmjenu podataka i kontrolne upute koje prolaze između različitih komponenata ITS-a i vanjskih sučelja (operatera, dionika i drugih sustava).¹³

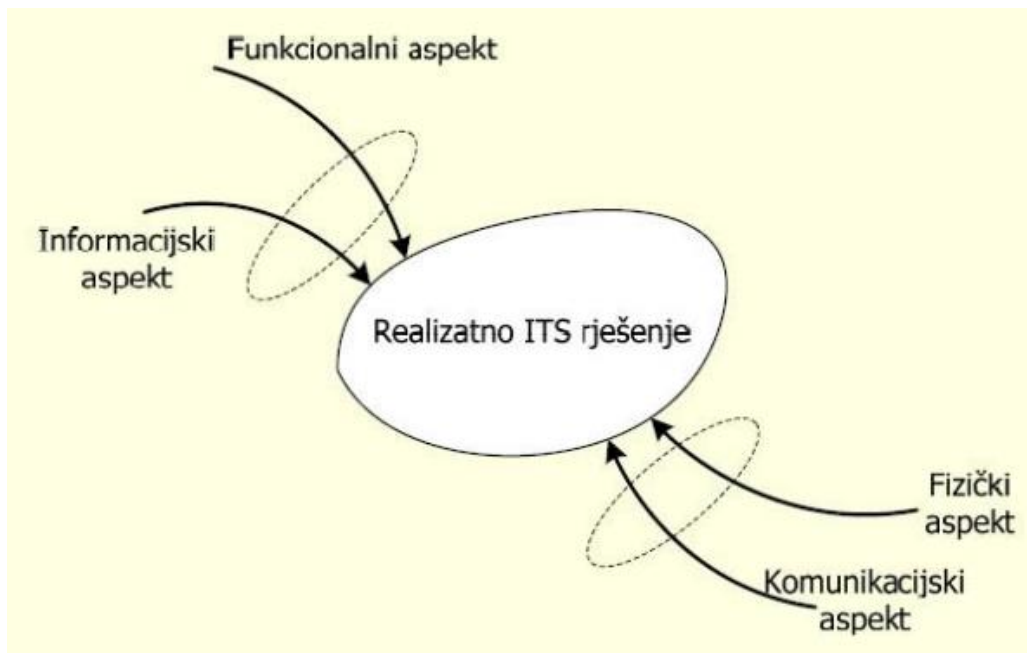
Arhitektura ITS-a uključuje:

- logiku (ili funkcionalnost) sustava koja opisuje kako bi različite stavke podataka trebale teći i biti obrađene (logičko ili funkcionalno gledište)
- način na koji će se ITS funkcionalnost nalaziti u fizičkim komponentama sustava (fizičko gledište)
- odgovor na pitanje koja je komunikacija potrebna između fizičkih komponenti i između vanjskoga svijeta i fizičkih komponenti (gledište komunikacije)
- odgovor na pitanje kako će se komponente sustava, komunikacije i odgovornosti dodijeliti pružateljima i primateljima ITS usluga (gledište organizacije).¹⁴

Aspekti arhitekture ITS-a prikazane su na slici 3.

¹³ <https://rno-its.piarc.org/en/systems-and-standards-its-architecture/what-its-architecture> (14. 6. 2022.)

¹⁴ Ibidem



Slika 3. Aspekti arhitekture ITS-a

Bošnjak, I., Badanjak, D.: Osnove prometnog inženjerstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb 2005., str. 128.

Arhitektura ITS-a pokazuje gdje je potrebno modificirati i promijeniti postojeće organizacijske strukture.

Primjer je TCC (engl. *Traffic control center* – centar za kontrolu prometa), koji će možda trebati razmijeniti podatke s drugim TCC-om ili TIC-om (engl. *Travel information center* – putnički informacijski centar), po mogućnosti izvan državnih ili jezičnih granica.

ITS arhitektura omogućuje definiranje specifikacije izvedbe kako bi se postigla potrebna razina međusobnoga povezivanja i interoperabilnosti. Fizička ITS arhitektura definira i opisuje dijelove funkcionalne arhitekture koji mogu biti povezani tako da formiraju fizičke entitete. Logička ITS arhitektura definira unutarnju logiku odnosa pojedinih entiteta. Logička arhitektura predstavljena je nazivom temeljne funkcije s informacijskim izvorima i odredištima. Komunikacijska ITS arhitektura definira oblike komuniciranja među entitetima, primjerice definira oblike protoka podataka.¹⁵

¹⁵ Ibid., p. 131.

Svrha je arhitekture sustava ITS-a da pruži stabilan i otvoren okvir za razvoj sustava (podsustava) niže razine koji će biti konzistentni, kompatibilni i interoperabilni.¹⁶

Arhitektura ITS-a važna je iz nekoliko razloga:

- osigurava otvoreno tržište za usluge i opremu jer postoje standardna sučelja između komponenata
- otvoreno tržište dopušta ekonomiju razmjera u proizvodnji i distribuciji, čime se smanjuju cijene proizvoda i usluga
- osigurava dosljednost informacija koje se dostavljaju krajnjim korisnicima
- potiče ulaganja u ITS jer je osigurana kompatibilnost
- osigurava interoperabilnost između komponenata, čak i kada ih proizvode različiti proizvođači
- dopušta odgovarajuću razinu tehnološke neovisnosti i omogućuje nove tehnologije koje se lako ugrađuju
- daje osnovu za zajedničko razumijevanje svrhe i funkcija ITS-a.¹⁷

¹⁶ Ibidem.

¹⁷ https://bib.irb.hr/datoteka/801261.ITS_Selected_Lectures_Mandzuka.pdf (16. 6. 2022.)

3. PRIMJENA INTELIGENTNIH TRANSPORTNIH SUSTAVA U CESTOVNOM PROMETU

Očekuje se da će cestovni prometni sustavi biti inteligentniji, fleksibilniji, učinkovitiji i prikladniji za vozače i administrativni sustav zahvaljujući pomoći koju pružaju moderne tehnologije kao što su: MEMS (engl. *Micro-electromechanical system* – mikroelektromehanički sustav), bežične komunikacije, internet i računalstvo u oblaku.¹⁸

Uz pomoć navedenih tehnologija vozila u stvarnom vremenu na lakši način pronalaze najbolju rutu putovanja. Tehnologije se temelje na čimbenicima kao što su ovi: udaljenost, širina ceste, broj prometa, kašnjenje na raskršću i brzina. Sve navedeno ima važnu ulogu u minimiziranju vremena putovanja. Umjesto postavljanja senzora i uređaja na svako vozilo ovlašteni će se vozači pretplatiti na platformu i aplikacije u oblaku kao usluge na zahtjev uz plaćanje na temelju korištenja.¹⁹

S druge strane, inteligentni transportni sustav može se implementirati kako bi vozilima i infrastrukturi uz cestu bila omogućena sigurna komunikacija s drugima, koristeći postojeću infrastrukturu za nadzor.²⁰

Neke su od mogućnosti ITS-a u cestovnom prometu:

- upravljanje parkiranjem u stvarnom vremenu
- elektronska naplata cestarine
- sustavi obavješćivanja vozila u hitnim slučajevima
- automatizirana kontrola brzine na cesti
- upozorenja o brzini
- RFID u prijevozu tereta
- varijabilna ograničenja brzine
- sustavi za izbjegavanje sudara.²¹

¹⁸ Ibidem.

¹⁹ Ibidem.

²⁰ Xiao, z., Song, W., Chen, Q.: "Dynamic resource allocation using virtual machines for cloud computing environment," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 24, no. 6, pp. 1107–1117, Jun. 2013.

²¹ Ibidem.

3.1. NAČINI KOMUNIKACIJE VOZILA I OKOLINE

Koncept ITS-a temelji se na V2X (engl. *Vehicle to everything* – vozilo prema okolini) komunikaciji koja služi za razmjenu informacija o vozilu koje prenose informacije iz vozila u pokretne dijelove prometnoga sustava.

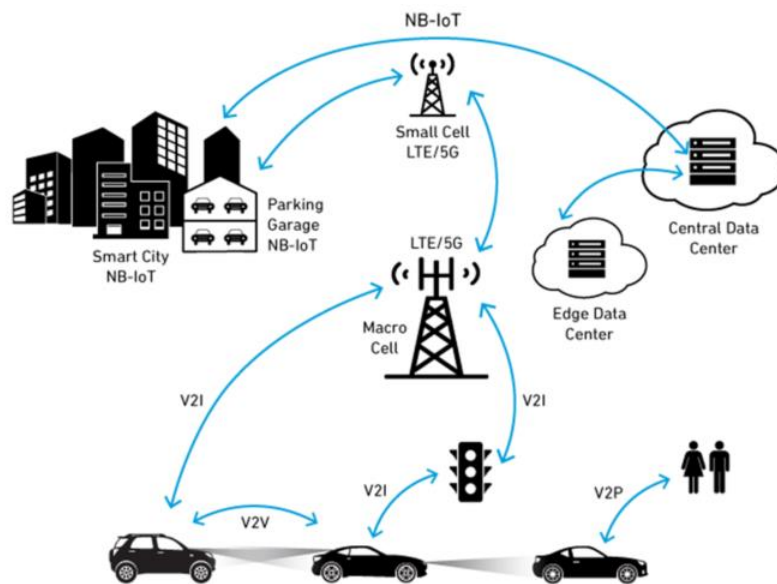
Postoji sedam vrsta V2X tehnologije povezivanja okoline s vozilom:

- V2V (engl. *Vehicle-to-Vehicle* – vozilo prema vozilu)
- V2N (engl. *Vehicle-to-Network* – vozilo prema mreži)
- V2I (engl. *Vehicle-to-Infrastructure* – vozilo prema infrastrukturi)
- V2C (engl. *Vehicle to cloud* – vozilo prema oblaku)
- V2P (engl. *Vehicle-to-Pedestrian* – vozilo prema pješaku)
- V2D (engl. *Vehicle to device* – vozilo prema uređaju)
- V2G (engl. *Vehicle to grid* – vozilo prema mreži).

V2X je komunikacijski sustav vozila koji podržava prijenos informacija od vozila do pokretnih dijelova prometnoga sustava koje mogu utjecati na vozilo. Glavna svrha V2X tehnologije poboljšati je sigurnost na cestama, uštedjeti energiju i osigurati učinkovitost prometa na cestama.²²

Komunikacija vozila i okoline prikazana je na slici 4.

²² <https://www.st.com/en/applications/telematics-and-networking/vehicle-to-everything-v2x.html> (18. 5. 2022.)



Slika 4. Prikaz komunikacije vozila i okoline

Izvor: <https://www.gorvo.com/design-hub/blog/v2x-in-the-connected-car-of-the-future> (14. 5. 2022.)

Dijeljenjem podataka, kao što su položaj i brzina vozila, s okolnim vozilima i infrastrukturom, komunikacijski sustavi V2X poboljšavaju svijest vozača o nadolazećim mogućim opasnostima i poboljšavaju izbjegavanja sudara što rezultira znatno smanjenim brojem smrtnih slučajeva i općenito ozljeda u prometu. Tehnologija V2X također poboljšava učinkovitost prometa izdavanjem upozorenja o nadolazećim prometnim zastojećima na način da predlaže alternativne rute i osigurava ekološki prihvatljivu vožnju smanjujući emisije CO2 prilagodljivim tempomatom i pametnijim upravljanjem prijevozom.²³

Tehnologija V2X temelji se na namjenskoj komunikaciji kratkoga dometa od 5,9 GHz, Wi-Fi derivatu, posebno definiranom za objekte koji se brzo kreću i omogućuje uspostavljanje pouzdane radijske veze, pa čak i u uvjetima izvan vidnoga polja.

Automobilska industrija radi s regulatornim tijelima na standardizaciji V2X komunikacije. Cilj je osigurati da svi dionici mogu upravljati interoperabilnošću između vozila i cestovne infrastrukture kako bi dobili standardizirane poruke. U većini zemalja V2X tehnologiju smatraju kritičnim čimbenikom u smanjenju smrtnih slučajeva na cestama.

²³ <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/industries/automotive/use-cases/v2x> (25. 5. 2022.)

Za proizvođače automobila, V2X, ili točnije, V2V, prekretnica je na putu prema potpuno autonomnim automobilima.²⁴

3.1.1. Vehicle to Network (V2N)

V2N ima za cilj prijenos informacija između vozila i sustava upravljanja. Taj proces omogućen je mrežnom infrastrukturom visoke propusnosti, niske latencije i visoke pouzdanosti. Automobili mogu primiti emitirana upozorenja o prometnim gužvama ili nesrećama niže niz cestu kako bi otvorili put autonomnoj vožnji s budućnošću mobilnosti. Olakšava kooperativnu razmjenu informacija između automobila, kamiona, autobusa, semafora, oznaka traka i drugih oblika mreže cestovne infrastrukture.²⁵

V2N sustavi integriraju vozila s podatkovnim centrima za pružanje stabilnoga pristupa i dosljedne komunikacije. Automobil može primiti neprekinuta emitirana upozorenja o prometu i ažuriranim informacijama o cestama povezanim s mobilnim mrežama i oblakom visoke latencije. Na primjer, popularne mobilne aplikacije kao što su *Google Maps* i *Waze* dobivaju informacije o prometu u stvarnom vremenu kako bi pomogle vozačima na njihovu putovanju.²⁶

Još jedna funkcija V2N mreže uključuje povezivanje vozila s drugim vozilima. Iako aplikacije trećih strana mogu pružiti točne podatke o ažuriranju prometa i navigaciji, njihova tehnologija ima svoja ograničenja. Za općenito neočekivanu pojavu na cesti vozila se mogu osloniti na tuđu prosudbu kako bi dobila smjernice. Automobili se mogu izravno obratiti drugom vozilu kako bi podijelili informacije o svom položaju, brzini i statusu.

²⁴ Ibidem.

²⁵ <https://blog.rgbsi.com/connection-with-vehicle-to-network-v2n> (10. 9. 2022.)

²⁶ Ibidem.

Vrijedne tehnologije, uključujući pomoć pri skretanju ulijevo²⁷ i pomoć pri kretanju raskrižja, omogućuju izravnu komunikaciju između vozila radi poboljšanja sigurnosti na cesti.²⁸

Kako bi se vozilo moglo služiti V2N komunikacijom, treba u sebi imati ugrađen uređaj koji bi mogao komunicirati s vozilima, pješacima i infrastrukturom. Za takvo povezivanje potrebna je mreža kako bi se mogli primiti i slati podaci drugim sudionicima u prometu. U novim modelima automobila upotrebljavaju se 5G mreže koje pridonose bržem prijenosu podataka od korisnika do korisnika.²⁹

V2N komunikacija šalje signale infrastrukturi poput semafora za promjenu svjetla u određenim intervalima. Ono utječe na brzinu mijenjanja signala u određenom danu ili kada vozilo pređe preko senzora na kolniku. V2N komunikacija potrebna je za sve ostale načine komunikacije te su svi usko povezani.³⁰

3.1.2. Vehicle to Vehicle (V2V)

Komunikacija vozilo prema vozilu automobilska je tehnologija koja pomaže automobilima da međusobno na jednostavniji način „razgovaraju”. Iz automobila se prikupljaju razne informacije koje se nakon prikupljanja u stvarnom vremenu šalju drugim automobilima u prometu. Prenose se informacije o lokaciji, brzini, smjeru te prometnim preprekama na cesti. Takva tehnologija daje mogućnost putnicima u automobilima ispred i iza sebe da komuniciraju na malom dometu od nekoliko stotina metara.³¹

V2V uključuje bežičnu mrežu u kojoj automobile jedini drugima šalju poruke, koje sadrže informacije o tome što trenutačno rade.

²⁷ Financiranje od strane Europe: u zemljama gdje vozila voze desnom stranom da bi se poboljšala slabo vidljiva raskrižja.

²⁸ Ibidem.

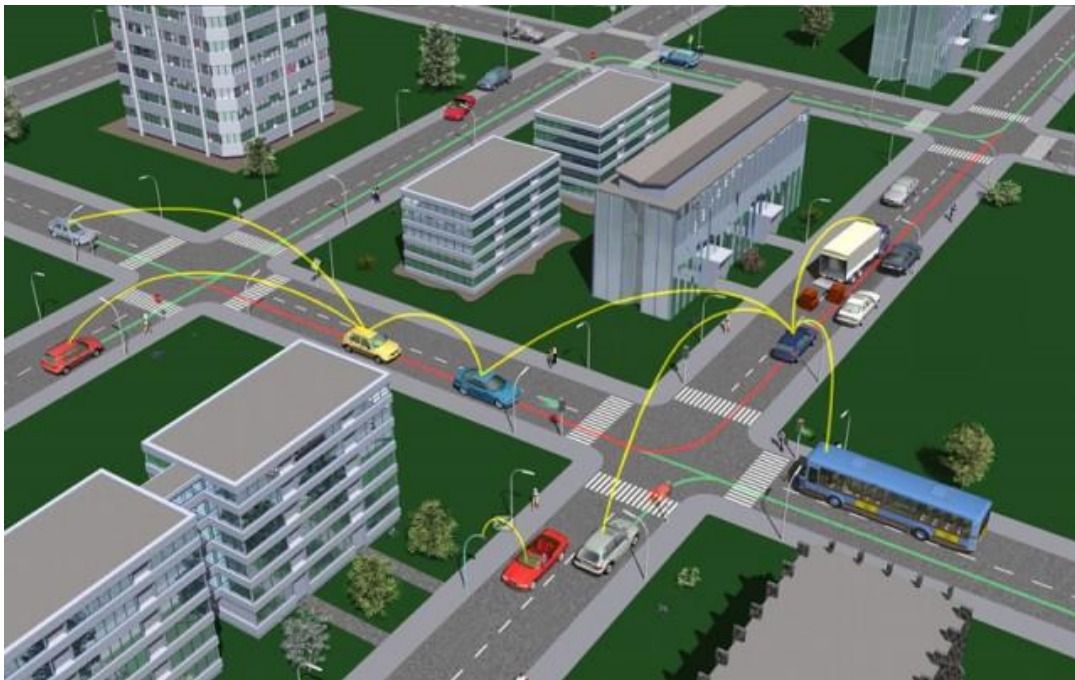
²⁹ <https://autocrypt.io/v2n-the-game-changer-for-mobility/> (24. 6. 2022.)

³⁰ Ibidem.

³¹ https://www.researchgate.net/figure/Vehicle-to-Vehicle-V2V-communication_fig26_309546589 (25. 6. 2022.)

Tehnologija od vozila do vozila koristi se namjenskom komunikacijom kratkoga dometa, standardom koji su postavila tijela kao što je ISO. Ponekad se opisuje kao WiFi mreža jer je jedna od frekvencija 5,9 GHz, koju koristi WiFi. Domet je do 300 metara ili 1000 stopa, odnosno oko 10 sekundi pri brzinama na autocesti.³²

Način rada V2V tehnologije prikazan je na slici 5.



Slika 5. Način rada V2V tehnologije

Izvor: <https://www.extremetech.com/extreme/176093-v2v-what-are-vehicle-to-vehicle-communications-and-how-does-it-work> (25. 6. 2022.)

Primjena takve vrste komunikacije bila bi učinkovita, ali još uvijek ne postoji dovoljno veliki udio automobila koji se koriste takvom tehnologijom. Tehnologija je trenutno usmjerena na motorna vozila, ali kada se usavrši, moći će se primjenjivati na bicikliste i pješake kako bi se uspostavila povezanost između njih i samim time kako bi povećali svoju vidljivost za vozače motornih vozila.³³

³² <https://www.extremetech.com/extreme/176093-v2v-what-are-vehicle-to-vehicle-communications-and-how-does-it-work> (24. 5. 2022.)

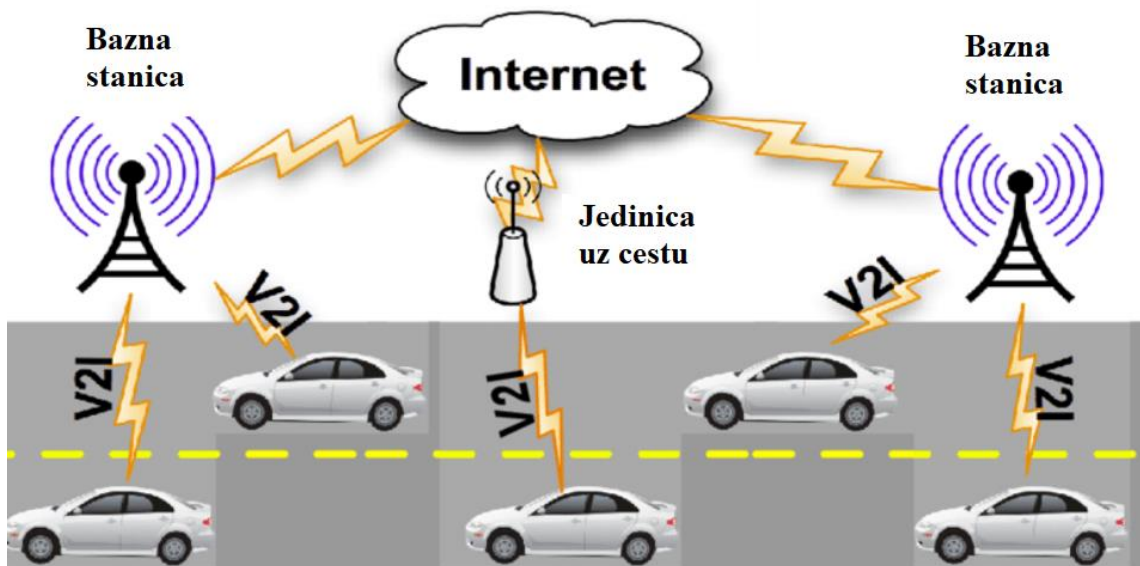
³³ <https://daseuropeanautohaus.com/is-a-v2v-communication-system-worth-it/> (24.6.2022.)

3.1.3. Vehicle to Infrastructure (V2I)

V2I komunikacijski je okvir koji omogućuje da nekoliko vozila dijeli informacije s različitim uređajima koji podržavaju sustav autocesta određene zemlje.³⁴ Ti se uređaji sastoje od RFID-a (engl. *Radio-frequency identification* – identifikacija radijske frekvencije), čitača, znakova, kamera, uređivača traka, ulične rasvjete i parkirnih mjerača.

Omogućena mrežom hardvera, softvera i firmvera, V2I tehnologija obično je bežična i dvosmjerna. Informacije s infrastrukturnih uređaja lako se prenose u vozilo putem *ad-hoc* mreže i obrnuto. Slično tehnologiji vozilo prema vozilu (V2V), V2I koristi se namjenskom komunikacijskom frekvencijom kratkoga dometa u prijenosu podataka.³⁵

Način rada V2I tehnologije prikazan je na slici 6.



Slika 6. Način rada V2I tehnologije

Izvor: obrada autorice prema https://www.researchgate.net/figure/Vehicle-to-Infrastructure-V2I-communication_fig1_309546589 (26. 6. 2022.)

V2I komunikacija povezuje vozilo s infrastrukturom te daje brojne informacije u gradskom području koje su potrebne za nesmetani prometni tok.

³⁴ https://www.thecarconnection.com/news/1080042_vehicle-to-infrastructure-technology-on-the-road-in-germany (26.6.2022.)

³⁵ <https://blog.rgbsi.com/what-is-v2i-technology> (26. 6. 2022.)

Tehnologija rabi sustave nadzora upravljanja prometom za postavljanje ograničenja brzine i modificiranja faze i vremena signaliziranja, kako bi to rezultiralo uštedama na gorivu te kako bi se omogućio bolji protok prometa. U današnje vrijeme, kada cijene goriva rapidno rastu, takva tehnologija bila bi od pomoći.

Također, komunikacija pomaže za izbjegavanje prometnih nezgoda, gužvi i raznih drugih prepreka koje su uobičajene na gradskom području, pogotovo u vrijeme odlazaka/dolazaka na posao, školu, fakultet. Komunikacija se vrši bežično te joj je glavni cilj sigurnost, odnosno izbjegavanje sudara.

3.1.4. Vehicle to cloud (V2C)

Moderna vozila postaju sve povezanija računalnim upravljanjem zbog čega uloga oblaka u okruženju vozila nastavlja rasti.

Već dugi niz godina proizvođači i dobavljači automobila traže inovativne načine za korištenje povezanosti vozila s oblakom (V2C) kako bi poboljšali iskustvo mobilnosti i uveli nove značajke u svoja vozila. Danas uloga povezivanja vozila s oblakom više nije ograničena na pružanje perifernih pogodnosti poput zabave u vozilu, već se također oslanja na mnoge ključne operativne i sigurnosne funkcije.³⁶

V2C odnosi se na vezu između ugrađenoga uređaja u vozilu i platforme u oblaku mrežom. Cloud platforma komunicira s vozilom. Također, pohranjuje i obrađuje prikupljene podatke te pruža informacije o prometu na daljinu, zabavu, poslovne usluge i upravljanje vozilom. V2C uglavnom se primjenjuje na navigaciju vozila, daljinsko praćenje vozila, spašavanje u hitnim slučajevima, informacijske i zabavne usluge itd.³⁷

³⁶ <https://autocrypt.io/4-car-features-rely-on-vehicle-to-cloud-connectivity/> (28. 6. 2022.)

³⁷ Ibidem.

Za V2C inteligentna računalna platforma vozila zahtijeva snažnu i brzu sposobnost obrade podataka i masivni mehanizam za pohranu podataka za obradu mrežnih podataka ultra velikom brzinom, ultra visokom propusnošću, visokom pouzdanošću i ultra malim kašnjenjem.³⁸

3.1.5. Vehicle to pedestrian (V2P)

Sustavi za detekciju pješaka mogu se implementirati u vozila, u infrastrukturu ili sa samim pješacima kako bi se pružila upozorenja vozačima, pješacima ili oboje. Tehnologija V2P pridonosi sigurnosti vozača i pješaka mrežom između vozila i pješaka.³⁹

Mreža V2P uspostavlja izravnu komunikaciju između vozila i pješaka. Opseg V2P također se može primijeniti na druge ranjive sudionike u prometu poput biciklista. Signali se emitiraju ako su pješaci u blizini automobilske vozila.

Upozorenja obavještavaju vozače na pješake koji se približavaju ili obavještavaju same pješake o automobilu. Bez pametne cestovne infrastrukture (semafori, senzori, kamere) ne može se ostvariti stabilna V2P veza.⁴⁰

V2P odnosi se na sljedeće skupine pješaka:

- prolaznici
- djeca u kolicima
- ljudi koji se koriste invalidskim kolicima
- vozači bicikla
- ulazak i izlazak putnika iz vozila javnoga gradskog prijevoza.⁴¹

³⁸ Ibidem.

³⁹ Ibidem.

⁴⁰ <https://blog.rgbsi.com/defining-vehicle-to-pedestrian-v2p> (27. 6. 2022.)

⁴¹ Ibidem.

Uobičajena upozorenja ili sigurnosne poruke iz perspektive pješaka mogu sadržavati potpune informacije o vozilu. Obavještava o brzini, lokaciji i smjeru približavanja automobila.⁴²

3.1.6. Vehicle to device (V2D)

Komunikacija između vozila i uređaja posebna je vrsta komunikacijskoga sustava vozila koja se sastoji od razmjene informacija između vozila i bilo kojega elektroničkog uređaja koji može biti povezan sa samim vozilom.⁴³

Način rada V2D tehnologije prikazan je na slici 7.



Slika 7. Način rada V2D tehnologije

Izvor: <http://www.infiniteinformationtechnology.com/what-vehicle-to-everything-is-part-2-of-3> (14. 6. 2022.)

Vozilo se na uređaj obično spaja Bluetooth vezom.

⁴² Ibidem.

⁴³ <https://wmich.edu/sites/default/files/attachments/u883/2019/16-06.pdf> (27. 6. 2022.)

Sudari vozila i pješaka mogu se izbjeći V2D tehnologijom jer se lokacija pješaka koji nose osobne uređaje ili mobilne telefone može prenijeti vozilima. Upravitelji voznoga parka također mogu iskoristiti informacije prikupljene unutar automobila za analitiku.

Tipična je primjena ove tehnologije Appleov *CarPlay* i Googleov *Android Car* koji pametnim telefonima, tabletima i nosivim uređajima omogućuju interakciju sa sustavima poput navigacije, namještanja parametara vozila, praćenje statistike vožnje, povezivosti s telefonom, radijskih uređaja i drugih sustava zabave.

3.1.7. Vehicle to grid (V2G)

V2G tehnologija omogućava vraćanje energije u električnu mrežu iz baterije električnog automobila. Uz tehnologiju električnoga vozila na mrežu, akumulator automobila može se puniti i prazniti na temelju različitih signala.⁴⁴ V2G pomaže u ublažavanju klimatskih promjena dopuštajući energetsom sustavu da uravnoteži više obnovljive energije.⁴⁵

V2G zapravo je način skladištenja energije, primjerice iz velikih solarnih elektrana. V2G usmjerava punjenje i pražnjenje baterija električnih vozila na temelju potreba korisnika i opskrbe električnom energijom iz mreže te omogućuje mreži da optimizira opskrbu lokalnom obnovljivom energijom i smanji troškove infrastrukture, sve dok vlasnik električnoga vozila ima ekonomičniju potrošnju električne energije.

V2G donosi sljedeće prednosti za vlasnika električnoga vozila i distribucijsku mrežu:

- podržava električnu mrežu smanjujući zabrinutost za preopterećenje mreže
- podržava poslovne prilike svojih električnih vozila
- povoljno i brzo skladištenje energije
- korištenje postojećih resursa
- smanjenje utjecaja na okoliš.⁴⁶

⁴⁴ <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g> (24. 6. 2022.)

⁴⁵ Ibidem.

⁴⁶ Ibidem.

Jedini tehnički nedostatak V2G rada degradacija je baterije zbog velikoga broja ciklusa punjenja/pražnjenja. Većina proizvođača električnih automobila ne daje jamstvo za V2G tehnologiju.

3.2. AUTONOMNA VOZILA

Tehnologija autonomnih vozila dobiva sve više na važnosti razvojem umjetne inteligencije. Razvoj autonomnih vozila ima društvene, ekološke i gospodarske koristi. Autonomna vozila sposobna su raspoznati svoju okolinu i sigurno se kretati, uz malo ljudskog upravljanja ili bez njega. Autonomna vozila oslanjaju se na svoje senzore i umjetnu inteligenciju za donošenje odluka i sudjelovanje u prometu.

Autonomno vozilo može predvidjeti opasne situacije u prometu i reagirati ma vrijeme, čime se u 90 % slučajeva mogu izbjeći nesreće uzrokovane ljudskom greškom.⁴⁷

SAE (eng. *Society of Automotive Engineers* – društvo automobilskih inženjera) 2014. godine objavila je klasifikaciju automatizacije. Automatizacija se kreće od 0 (u potpunosti upravlja čovjek) do 5 (potpuno automatizirani sustav).

U tablici 2. prikazane su razine autonomnosti vozila s primjerima.

Tablica 2. Razine autonomnosti vozila s primjerima

Razine	Tip amortizacije	Primjer	Mjesto korištenja	Prestanak rada sustava autonomne vozila
Vozač upravlja svim ili dijelom zadatka vožnje				
0	Bez automatizacije	Automatizacija nije prisutna	Nije primjenjivo	Nije primjenjivo
1	Sudjelovanje vozača	Prilagodljivi tempomat ili sustav održavanja u traci	Određene ceste	Vozač i dalje upravlja svim bitnim zadacima vožnje
2	Djelomična autonomnost	Prilagodljivi	Određene	Vozač i dalje

⁴⁷ Barros, J., Araujo, M., Rossetti, R. J. (2015) Short-term real-time traffic prediction methods: A survey. In: 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), 132-139.

		tempomat i sustav održavanja u traci	ceste	upravlja svim bitnim zadacima vožnje
Sustavi autonomne vožnje upravljaju svim zadacima vožnje				
3	Uvjetna autonomnost	Automatizirana vožnja na autocestama	Određena područja i ceste	Vozač preuzima kontrolu nakon upozorenja
4	Visoka autonomnost	Automatizirana vožnja u centru grada	Određena područja i ceste	Sustavi autonomne vožnje sigurno zaustavljaju vozilo
5	Potpuna autonomnost	Automatizirana vožnja svugdje	Svagdje na cesti	Sustavi autonomne vožnje sigurno zaustavljaju vozilo

Izvor: Izrada autorice prema Mandžuka, S., Vučina, A., Škorput, P.: Primjena autonomnih vozila u kriznim situacijama, 2019.

Autonomna vozila imaju sposobnost u stvarnom vremenu reagirati na situaciju u kojoj se nađu i prilagoditi joj se. Prednost autonomnih vozila proizlazi iz brze obrade informacija te prilagođavanja okolini brže od čovjeka.

Razina 0 tamo je gdje nema automatizacije u vožnji. U tom slučaju vozač je potpuno odgovoran za kretanje vozila uključujući upravljanje, ubrzavanje, kočenje, parkiranje i ostale pokrete koji određuju smjer automobila. Takav tip autonomije i dalje većinom prevladava kod današnjih automobila u prometu. Sustavi su podrške kod razine 0 kontrola stabilnosti, pomoć pri održavanju prometne trake, kočenje u nuždi, upozorenje na mrtvi kut; takve tehnologije ne upravljaju vozilom, već upozoravaju ili rade u posebnim situacijama.⁴⁸

Razina 1 najniža je razina automatizacije, gdje vozilo ima barem jedan sustav pomoći vozaču koji pruža pomoć pri upravljanju ili pomoći pri kočenju i ubrzanju. Vozač je odgovoran za upravljanje vozilom i uvijek mora biti spreman preuzeti kontrolu iz bilo kojega razloga. Prilagodljivi tempomat primjer je pomoći kod 1 razine automatizacije, takva tehnologija održava sigurnosnu udaljenost osobnoga vozila i prometa ispred bez intervencije vozača.⁴⁹

Razina 2 odnosi se na djelomičnu automatizaciju vožnje koja primjenjuje ADAS (eng. *Advanced Driving Assistance Systems* – napredni sustav pomoći u vožnji) koji može preuzeti upravljanje, ubrzanje i kočenje u određenim slučajevima.

⁴⁸ <https://znatko.com/21468/kojih-ima-razina-autonomne-voznje-samovoznje-vozila> (17. 9. 2022.)

⁴⁹ Ibidem.

Iako 2. razina kontrolira primarne vozačke zadatke, vozač mora u svakom trenutku aktivno nadzirati tehnologiju, vozilo i okolinu. Jedan od primjera koji ulazi u tu razinu automatizacije bio bi Teslin autopilot koji se koristi tehnologijom *GM Super Cruise*. Tehnologija omogućava poluautonomnu značajku koja vozačima omogućava uklanjanje ruku s upravljača prilikom dužih vožnji autocestom.⁵⁰

Razina 3 odnosno uvjetna automatizacija odnosi se na sustave u vozilu koji su „svjesni“ okoline u kojoj se vozilo nalazi. Koriste se različitim sustavima pomoći vozaču i umjetnom inteligencijom za donošenje odluka na temelju promjenjivih situacija u vožnji oko vozila. Ljudi u automobilu ne moraju nadzirati tehnologiju, odnosno mogu se baviti drugim aktivnostima. Međutim, ljudski vozač mora biti prisutan, spreman i sposoban kontrolirati vozilo u svakom trenutku, posebno u hitnom slučaju zbog kvara sustava. Najnovije je vozilo 3. razine automatizacije električno vozilo Mercedes-Benz EQS 2022. godine, takva tehnologija naziva se *Driver Pilot*.⁵¹

Razina 4 pripada visokoj razini automatizacije vožnje. Za tu razinu nije potrebna ljudska prisutnost jer je sustav programiran da se zaustavi prilikom kvara. Vozila te razine sposobna su raspoznati stanje okoline, samostalno voziti ili reagirati u slučaju nesreće, također i dalje postoji mogućnost automatskog upravljanja vozilom, no pedale i upravljač mogu, ali i ne moraju biti ugrađeni. Takva vozila u praksi imaju ograničenu rutu kretanja te određene geografske granice. Takve tehnologije automatizacije se primjenjuje kod taksija bez vozača i uslugama javnoga prijevoza. Primjeri vozila 4 razine automatizacije bili bi Volvo koji proizvodi taksije za kinesko tržište te Googleov Waymo.⁵²

Razina 5 odnosi se na potpunu automatizaciju vožnje. Potpuna automatizacija znači da vozila mogu putovati bilo gdje i u svim uvjetima bez ljudske intervencije. Vozila klase 5 nisu ograničena geografskim granicama niti na njih utječu vremenski uvjeti i mogu udobno i učinkovito prevoziti putnike bez vozača. Jedina ljudska interakcija bit će određivanje odredišta.⁵³

⁵⁰ Ibidem.

⁵¹ Ibidem.

⁵² Ibidem.

⁵³ Ibidem.

Takva su vozila testirana diljem svijeta u različitim vremenskim uvjetima bez obzira na doba dana i prometne uvjete kako bi samostalno prešla bilo koju cestu od polazišta do odredišta. Trenutačno nema takvih vozila u funkciji u bilo kojem obliku ni se mogu kupiti ili nabaviti.⁵⁴

Pravovremeno reagiranje dovodi do spašavanja ljudskih života. Vozila koja mogu voziti velikom brzinom i jedno iza drugoga mogu smanjiti potrošnju goriva, emisije onečišćenja i povećati propusnost ceste. Vozila koja mogu uočiti prometna ograničenja mogu spriječiti pogrešno tumačenje tih ograničenja i asocijalno ponašanje vozača. Potpuno autonomna vozila omogućit će veći stupanj mobilnosti i kvalitete cjelokupne populacije jer za upravljanje takvim vozilima neće biti potrebna vozačka dozvola. Međutim, potpuno autonomna vozila zasad su samo budućnost.⁵⁵ Uglavnom zbog pravnih razloga ne očekuje se da će potpuno autonomna vozila biti integrirana u standardni promet, barem ne u bližoj budućnosti.

Uvođenje potpuno autonomnih vozila, prema tvrdnjama stručnjaka koji rade u Tesli, bilo je predviđeno do najkasnije 2021. godine. Međutim, nijedan proizvođač automobila nema dovoljno tehnologije za pružanje takve značajke iako su svake godine sve bliže.⁵⁶

Tehnologija razine 4 korištena je u *Waymo ridesharingu*, taksi službi podružnice General Motorsa Cruise i nekoliko drugih projekata, ali ne i u vozilima namijenjenim za građanstvo. Razina 3, koja zahtijeva da vozač preuzme kontrolu kada sustav naiđe na problem, trenutačno se može pronaći u odabranim modelima Mercedesu u Njemačkoj i malom broju Honda Legends u Japanu. Napredni sustavi pomoći u vožnji mogu se naći u Teslinim vozilima i drugim automobilima visoke tehnologije dostupnim potrošačima obično se klasificiraju kao razina 2. Vozila razine 5, koja su samovozeća u svim situacijama na cesti, još ne postoje.⁵⁷

⁵⁴ Ibidem.

⁵⁵ Ibidem.

⁵⁶ <https://www.hotcars.com/fully-autonomous-driving-2022/> (20. 9. 2022.)

⁵⁷ <https://semiengineering.com/where-are-the-autonomous-cars/> (22. 9. 2022.)

3.3. NAPREDNI SUSTAVI ZA POMOĆ U VOŽNJI

Iako ne postoji potpuno autonomno vozilo, postoji nekoliko vozila koja imaju napredne sustave pomoći vozaču, većina sustava koji spadaju u tu skupinu namijenjena su smanjenju opterećenja na dugim vožnjama na autocesti tako što upravljaju dijelom ili u cijelosti i održavaju postavljenu udaljenost između vozila.⁵⁸

Kada je riječ o cestovnom prometu i općenito automobilima, jedna je od najvažnijih komponenti sigurnost. Većinu prometnih nesreća uzrokuje ljudski čimbenik. Kako bi se uklonio, uvode se nove tehnologije. Inicijativa Europske unije usmjerena na smanjenje broja žrtava prometnih nesreća nazvana „Vizija nula“ bavi se sigurnosnim problemima i nastoji smanjiti broj smrtnih slučajeva i ozljeda na nulu.⁵⁹

Zato je Europski parlament donio uredbu⁶⁰ prema kojoj će se od svibnja 2022. u nove modele automobila, a od svibnja 2024. u postojeće modele morati ugrađivati sljedeći sigurnosni sustav:

- ISA (eng. *Intelligent Speed Assistance* – inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine)
- sustav za olakšavanje ugradnje uređaja za blokadu u slučaju vožnje pod utjecajem alkohola
- sustav za upozoravanje u slučaju pospanosti i manjka pozornosti vozača
- napredni sustav za upozoravanje u slučaju odvratanja pozornosti vozača
- signal za zaustavljanje u nuždi
- sustav za detekciju pri vožnji unatrag
- uređaj za snimanje podataka o događajima, odnosno *crnu kutiju*.⁶¹

⁵⁸ Ibidem.

⁵⁹ Ibidem.a

⁶⁰ Uredba (EU) 2018/858 Europskoga parlamenta i Vijeća utvrđuje administrativne odredbe i tehničke zahtjeve za homologaciju svih novih vozila, sustava, sastavnih dijelova i zasebnih tehničkih jedinica s ciljem osiguravanja odgovarajućega funkcioniranje unutarnjega tržišta i kako bi se ponudila visoka razina sigurnosti i ekološke učinkovitosti.

⁶¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/HTML/?uri=CELEX:02019R2144-20220706&from=EN> (20. 7. 2022.)

Uredba uvodi niz obveznih sigurnosnih značajki koje će pridonijeti smanjenju broja žrtava u cestovnom prometu.

Budući da studije pokazuju da ljudske pogreške imaju ulogu u 95 % nesreća, očekuje se da bi se zahvaljujući njima do 2038. moglo spasiti više od 25 000 života i izbjeći najmanje 140 000 teških ozljeda.⁶²

Automobili i kombiji moraju imati dodatne značajke kao što su sustavi za zadržavanje u prometnoj traci i automatizirano kočenje.

Autobusi i kamioni moraju imati tehnologiju za bolje prepoznavanje mogućih mrtvih kutova, upozorenja za sprečavanje sudara s pješacima ili biciklistima i sustave za nadzor tlaka u gumama.

3.4. UPRAVLJANJE PARKIRANJEM U STVARNOM VREMENU

Parking postaje skup resurs u gotovo svakom većem gradu na svijetu, a njegova ograničena dostupnost istodobno je uzrok zagušenja gradskoga prometa i onečišćenja zraka.

U starim gradovima struktura javnoga parkirališnog prostora strogo je organizirana i često u obliku javnih parkirališnih mjesta na ulicama. Javna parkirališna mjesta ne mogu se rezervirati unaprijed, prije putovanja, a to često dovodi do narušavanja kvalitete gradske mobilnosti. Rješavanje problema upravljanja javnim parkirališnim mjestima zato je od vitalnoga značaja za postizanje ekološki prihvatljivijega i zdravijega grada.⁶³

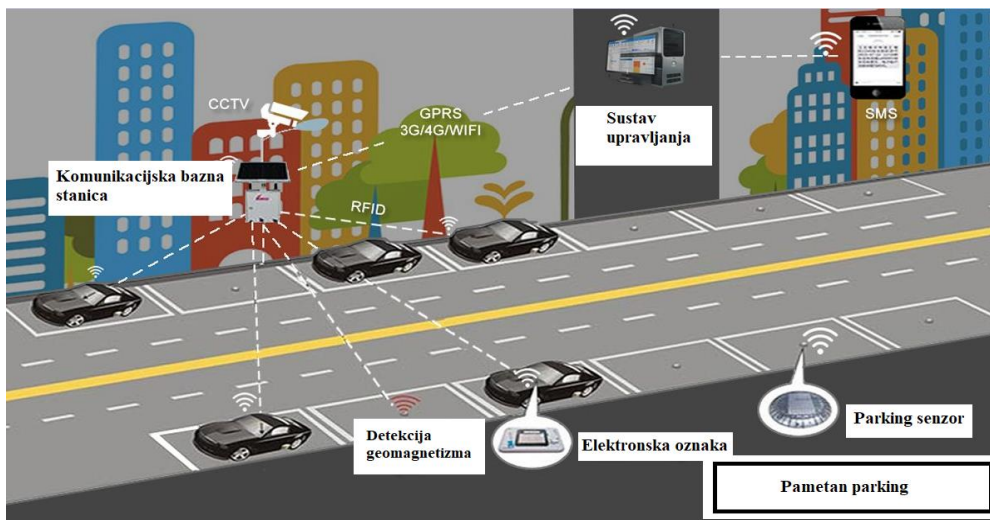
Tehnološki napredak u industrijskoj automatizaciji, bežičnoj mreži, senzorskoj komunikaciji, zajedno s raširenošću pametnih uređaja visokoga dometa i novim pravilima vezanim uz financijske transakcije u mobilnom plaćanju, omogućuju definiranje inteligentnih okvira koji omogućuju praktično upravljanje javnim parkiralištima u urbanim područjima, što bi moglo poboljšati održivu urbanu mobilnost.⁶⁴

⁶² https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_4312 (28. 8. 2022.)

⁶³ <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/iet-its.2013.0045> (20. 5. 2022.)

⁶⁴ Ibidem.

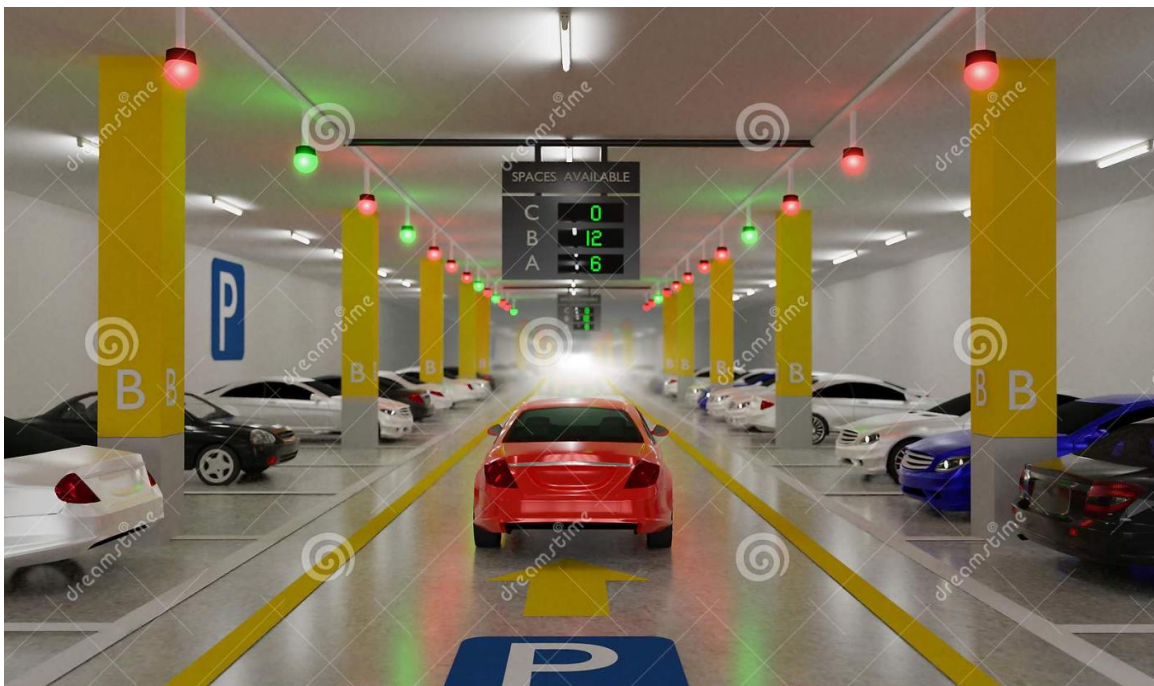
Način rada pametnoga parkinga prikazan je na slici 8.



Slika 8. Način rada pametnoga parkinga

Izvor: Obrada autorice prema <https://www.trafiksol.com/blog/intelligent-traffic-management-system-for-random-services/> (23. 5. 2022.)

Sustav za navođenje pametnoga parkirališta prikazan je u nastavku, na slici 9.



Slika 9. Sustav za navođenje pametnoga parkirališta

Izvor: <https://www.dreamstime.com/smart-parking-lot-guidance-system-overhead-indicators-intelligent-sensors-assist-control-monitor-efficient-management-d-image133845364> (20. 5. 2022.)

Sustavi za navođenje pametnoga parkirališta sastoje se od:

- indikatora u zemlji
- inteligentnih senzora koji pomažu u kontroli/nadgledanju
- učinkovitih upravljanja
- 3D renderiranja.⁶⁵

Kako bi programeri softvera podatke mogli korisno obraditi, vlasnici podataka (npr. vlasnici parkirališnih objekata, općine i prometna tijela) moraju ih učiniti transparentnim, dostupnim u standardnom formatu i idealno centraliziranim za pristup na jednom mjestu. Različiti vlasnici podataka koji nadziru različite funkcije (parkiranje na ulici i izvan nje) obično imaju svoju formu za grupne podatke.⁶⁶

Softver je mozak iza aktivnoga upravljanja parkiranjem. Softverski algoritmi u stvarnom vremenu i prediktivnim algoritmima obrađuju podatke u rasponu od slika i vremenskih oznaka na ulazima u garažu do GPS (engl. *Global Positioning System* – globalni sustav pozicioniranja) koordinatama na telefonu korisnika, kako bi odredili lokaciju vozača i dostupnost parkiranja, isporučujući sve to korisničkim i interaktivnim sučeljem. Većina pametnih parkinga oslanja se na fizičke senzore ugrađene u kolnik na svakom parkirnom mjestu za generiranje podataka o parkiranju. Većina senzora detektira objekt u svojoj blizini ultrazvučnom tehnologijom. Senzore prodaju svojim kupcima, ponajprije općinama, i obično uz njih daju softversku aplikaciju kao jedan paket.⁶⁷

3.5. ELEKTRONIČKA NAPLATA CESTARINE

Unatoč visokim početnim troškovima implementacije ETC (engl. *Electronic toll collection* – elektronička naplata cestarina) smanjuju operativne troškove i prihode u usporedbi s tradicionalnim kabinama u kojima rade djelatnici autocesta za naplatu cestarina.⁶⁸

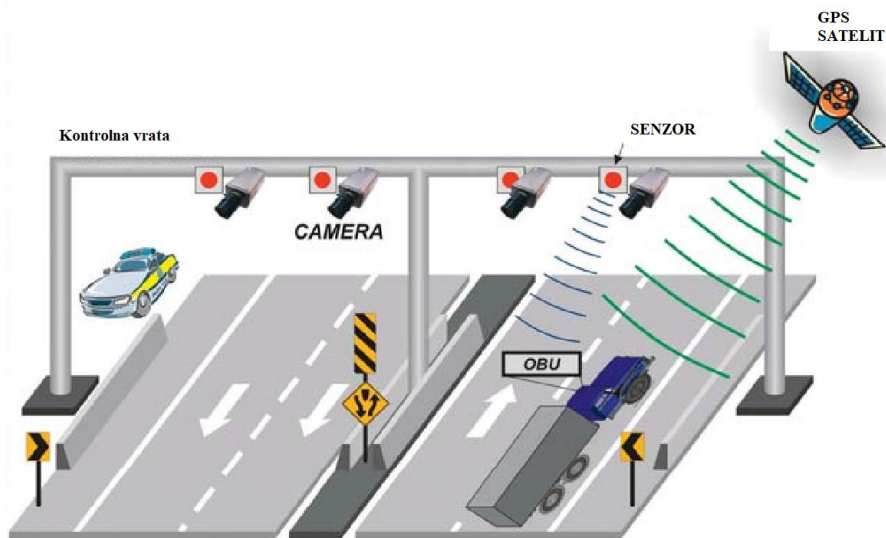
⁶⁵ Ibidem.

⁶⁶ Ibidem.

⁶⁷ Ibidem.

⁶⁸ Ibidem.

Sustavi elektroničke naplate cestarine danas se sastoje od praćenja vozila, identifikacije vozila te pozadinske registracije i naplate, što je prikazano u nastavku, na slici 10.



Slika 10. Sustavi elektroničke naplate cestarina

Izvor: Obrada autora prema <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Polish-initial-project-of-electronic-toll-Nowacki-Mitraszewska/240a3012f2e434bba65aaf6b39b37c1f447bd7ac/figure/4> (25. 5. 2022.)

Elektronička naplata cestarina omogućuje praćenje vozila i prikupljanje podataka o korištenju cesta, što bi moglo otkriti obrasce za upravljanje prometom. Kada postane dostupno više korisnih informacija, operateri mogu pratiti prometno opterećenje i postaviti fleksibilnu naplatu cestarine kako bi poboljšali prometnu učinkovitost.

Praćenje vozila može se obaviti globalnim navigacijskim satelitskim sustavom. Podaci se dohvaćaju s ugrađenoga GNSS (engl. *Global Navigation Satellite System* – globalni navigacijski satelitski sustav) prijamnika ili na kontrolnim točkama duž dionica cesta s naplatom cestarine sensorima na terenu kao što je detektor vozila.⁶⁹

Za identifikaciju vozila koriste se tehnologije komunikacije vozila s infrastrukturom ili prepoznavanja registarskih tablica. Komunikacija vozila prema infrastrukturi može rabiti RFID (engl. *Radio-frequency identification* – identifikacija radio frekvencije) gdje UHF (engl. *Ultra High Frequency* - ultra visoke frekvencije) antena/čitač identificira oznake na vjetrobranu ili rabiti GPS za povezivanje s ugrađenim uređajima.

⁶⁹ Ibidem.

LPR (engl. *License plate recognition* - prepoznavanje registarskih tablica), s druge strane, koristi se kamerama koje se oslanjaju na optičko prepoznavanje čitanja brojeva s tablica.⁷⁰ Integracija s pozadinskom infrastrukturom također je bitna.

Kako bi se svaki dio sustava elektroničke naplate cestarina povezo i radio bez greške, potrebno je omogućiti pouzdanu povezanost između svih ovih podsustava i baza podataka. Povezivanje ima važnu ulogu u prikupljanju kritičnih i povjerljivih podataka i prijenosu informacija u stvarnom vremenu, između operativnoga centra i cesta s naplatom cestarine.⁷¹

Za prijenos podataka u SCADA (engl. *Supervisory Control and Data Acquisition* – nadzorna kontrola i prikupljanje podataka) sustav potrebno je spojiti sustav elektroničke naplate cestarina na IP (internet protokol) mrežu.

Da bi sustav bio operativan, podaci senzora moraju biti provjereni prema evidenciji vozila i brojevima tablica koji su pohranjeni u bazama podataka.

U tom kontekstu potrebno je pažljivo razmotriti veličinu, vrste montaže, razinu funkcionalne integracije te pouzdanost komunikacijskih uređaja koji se ugrađuju u prostorno ograničene ormare uz cestu. Izdržljiv sustav smanjuje operativne troškove tijekom životnoga ciklusa jer se oprema uglavnom koristi u teškim vanjskim okruženjima.⁷²

3.6. PRIKUPLJANJE PODATAKA O AUTOCESTAMA

Danas se papirnati obrasci ili mobilne aplikacije koje zahtijevaju ručni unos podataka još uvijek često koriste za brojanje prometa. Međutim, ta tehnika najčešće nije točna jer ljudsko oko nije u stanju uhvatiti složena prometna kretanja i skretanja.

Prometna istraživanja imaju za cilj prikupljanje podataka koji točno odražavaju stvarnu prometnu situaciju u određenom području. To može biti brojenje vozila koja se koriste cestom ili prikupljanje podataka o vremenu putovanja, ali postoje i mnoge druge vrste podataka koje prikupljaju podatke o prometu.

⁷⁰ Ibidem.

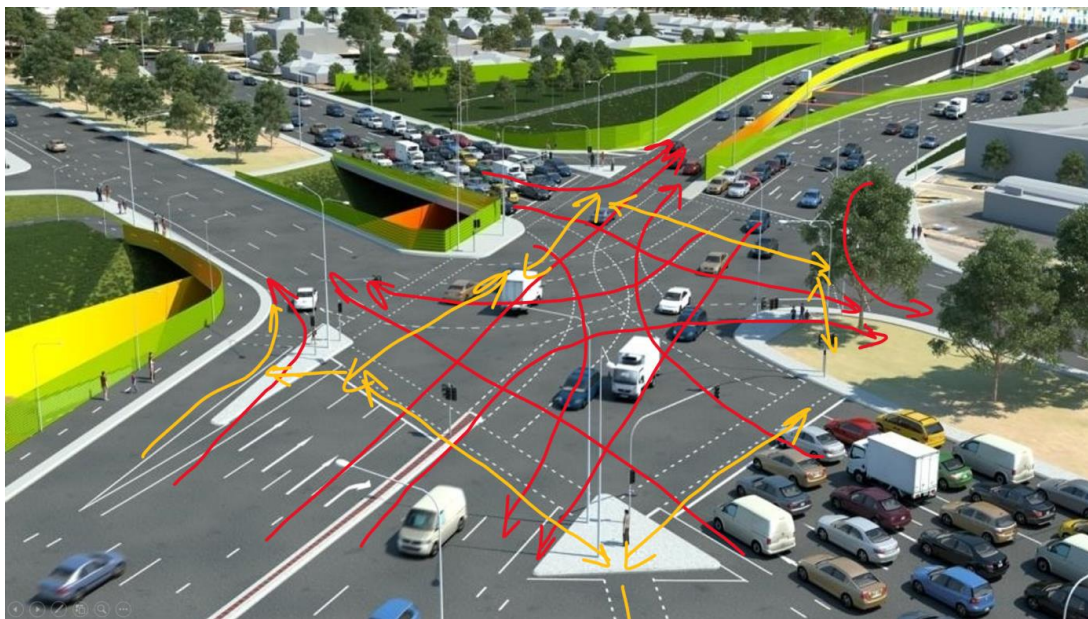
⁷¹ Ibidem.

⁷² Ibidem.

Na slici 11. prikazana su složena prometna kretanja i skretanja u svim smjerovima kretanja na raskrižju.

Ručno brojenje prometa vrši se pomoću ljudi, takozvanih „brojitelja prometa“. Takve metode sastoje se od brojenja samo unaprijed određenih smjerova na terenu ili korištenjem videozapisa i ljudi koji ih pregledavaju.

Tehničke metode uglavnom se koriste sustavom nadzornih kamera smještenih na visini iznad ceste, a snimka se zatim obrađuje pomoću automatske postanalize videa.



Slika 11. Složena prometna kretanja i skretanja

Izvor: <https://blog.goodvisionlive.com/the-development-of-traffic-data-collection-methods> (26. 5. 2022.)

Točnost je postignuta ručnim metodama između 70 % i 95 %, ovisno o uloženom trudu, i na nju uvelike utječe duljina istraživanja, vrijeme željenoga dostavljanja rezultata, umor osoblja itd.⁷³

⁷³ Ibidem.

3.7. INTELIGENTNE PROMETNICE

Velik dio tehnologije potrebne za izradu pametnih cesta i pametnih automobila već postoji; od vozila, preko radara za pješake, do automobila i komunikacije s infrastrukturom do otkrivanja više objekata senzora.

Cesta se često zanemaruje kada se govori o budućem razvoju i digitalnoj transformaciji moderne prometne infrastrukture. Pametne ceste uključuju pametnu uličnu rasvjetu, pametne prometne znakove i pametne ili autonomne automobile koje voze tim cestama.⁷⁴

Arhitekture, sustavi i aplikacije koje omogućuju pametne ceste uključuju komunikacijske mreže.

Sustavi pametnih cesta koje se koriste u pametnim gradovima zahtijevaju opsežne senzorske mreže koje stvaraju ogromne količine podataka o protoku prometa i sustavima javnoga prijevoza. Ti sustavi prikupljaju podatke s tisuću prometnih kamera, detektora cesta, semafora, parkirnih mjerača, senzora kvalitete zraka i drugih senzora te aplikacija za mobilnost i povezanost automobila.⁷⁵

Pametne ceste kombiniraju fizičku infrastrukturu, kao što su senzori i solarni paneli, sa softverskom infrastrukturom poput umjetne inteligencije.⁷⁶

Pametne ceste stupovi su pametne mobilnosti koje nude prednosti na globalnoj razini. Definicija pametnih cesta višestruka je i integrira primjenu različitih informacijskih i komunikacijskih tehnologija povezanih s mobilnosti i sigurnosti u cestovnom prometu.⁷⁷

Tvrtke za cestovnu infrastrukturu analiziraju i usvajaju nove tehnike i tehnologije za razvoj integriranog sustava cestovne infrastrukture.

Pametni kolnik postavljen je spajanjem montažnih blokova te ima senzore za detekciju prometa vozila i komunikacije u svrhu interakcije s kontrolnim centrima i centrima za hitne slučajeve.⁷⁸

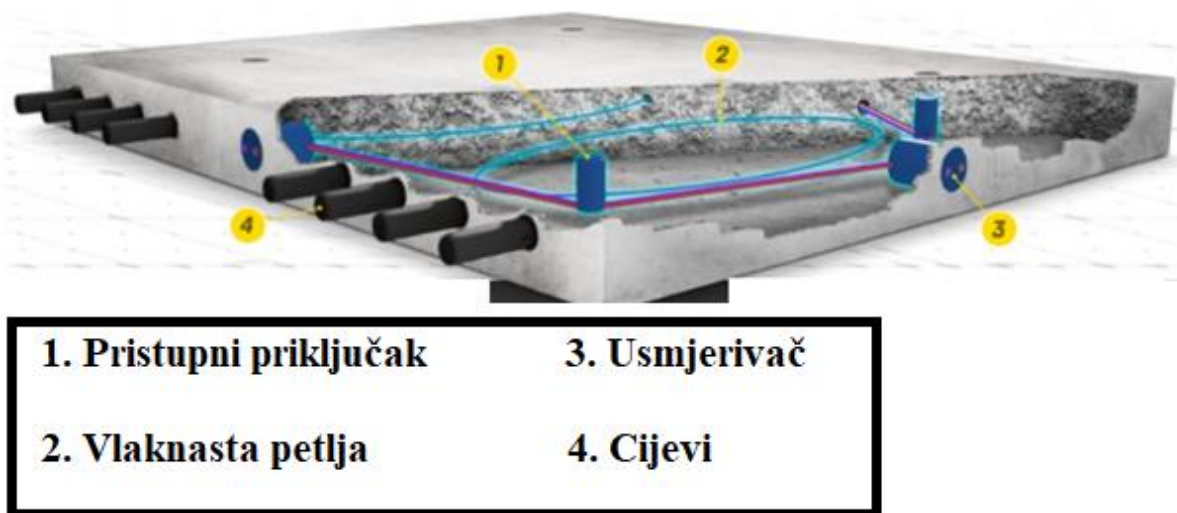
⁷⁴ Ibidem.

⁷⁵ <https://vrriourope.com/en/smart-road-technology-digital-highways-of-the-future/> (20. 6. 2022.)

⁷⁶ <https://www.intel.com/content/www/us/en/transportation/smart-road-infrastructure.html> (20. 6. 2022.)

⁷⁷ Regan M., Oxley J., Tingvall C.; Intelligent transport systems: Safety and human factors issues, RACV, 2001.

U nastavku, na slici 12 prikazana je konstrukcija pametnog kolnika.



Slika 12. Konstrukcija pametnog kolnika

Izvor: obrada autorice prema <https://blog.ferrovial.com/en/2019/02/smart-pavement-working-in-the-real-world/>
(20. 6. 2022.)

Svaki prefabricirani blok u osnovi ima četiri komponente; prva se naziva pristupni priključak, to je vrsta šupljega cilindra u koji su ugrađeni senzori i procesori te se koristi za podizanje i spuštanje bloka kolnika tijekom njegove ugradnje i kasnije za pristup unutarnjim uređajima. Druga je vlaknasta petlja koja funkcionira kao „senzor tlaka” te detektira kada vozilo prijeđe preko njega. Treća komponenta naziva se usmjerivač, ima ih ukupno četiri, a povezuje svaki dio s četiri susjedna kao i s vanjskim komunikacijskim sustavima. Četvrta su komponenta cijevi, odnosno niz cijevi u koje se ubrizgava cement tako da se blokovi fiksiraju.

Automatizirana prometnica postiže se upravljačkom i informacijsko-komunikacijskom nadgradnjom klasične prometnice.

Time se postiže veća protočnost, sigurnost, učinkovitost prijevoza i smanjenje onečišćenja. Postojeći informacijsko-komunikacijski sustavi za telemetriju, telekontrolu i telekomandu moraju se nadograditi ITS funkcionalnostima. Informacijsko-komunikacijski sustav za telekontrolu namijenjen je utvrđivanju ispravnosti rada uređaja na daljinu.

⁷⁸ <https://blog.ferrovial.com/en/2019/02/smart-pavement-working-in-the-real-world/> (20. 6. 2022.)

Prikaz inteligentnih prometnica prikazan je na slici 13.



Slika 13. Konstrukcija pametne ceste

Izvor: Obrada autorice prema <https://blog.ferrovial.com/en/2019/02/smart-pavement-working-in-the-real-world/>
(20. 6. 2022.)

Svi su pametni kolnički blokovi međusobno povezani fizički na komunikacijskoj razini. Senzori detektiraju vozila koja prolaze, odnosno njihov položaj, težinu i brzinu te šalju navedene informacije u stvarnom vremenu procesorima koji ih pohranjuju.

Sustav radi isto za bilo koje vozilo koje se kreće po površini kolnika, dakle to ne mora nužno biti automobil.⁷⁹

U budućnosti bi se u kolnike mogli postaviti i drugi uređaji za komunikaciju s vozilima, što bi bilo osobito korisno ako je riječ o samovoznim vozilima koji su u razvoju.

Funkcionalnosti inteligentne prometnice prikazane su na slici 14.

⁷⁹ Ibidem.



Slika 14. Funkcionalnosti inteligentne prometnice

Izvor: izrada autorice prema Bošnjak, I., Badanjak, D.: Osnove prometnog inženjerstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2005., p. 15.

Razvojem tehnologije sve se više inteligentna rješenja primjenjuju u suvremenim automobilima i u ostalim prometnim sredstvima. Sve informacije o prometu kreću se blokovima duž ceste dok ne stignu do „kutije” za povlačenje.

Od tamo se informacije mogu prenijeti u prometne operativne centre, centre za hitne obavijesti i drugo, tako da se mogu analizirati najprikladnijim alatima. S obzirom na to da su ogromna ulaganja u pametne kolnike, Integrated Roadways⁸⁰ predložio je ideju o velikom broju usluga koje bi mogli ponuditi (i naplaćivati) vozilima koja putuju autocestama u obliku aplikacija, pretplata itd.

Takav sustav naplate još nije razvijen, ali bi se mogao zamisliti kao ponuda prilagođena točnom mjestu gdje se vozila nalaze (ugostiteljski objekti, parking) kao i duž cijele njihove rute (zabava, električna punjenja itd.).⁸¹

ITS prilagodba uključuje:

- uređaje za upravljanje vozilom
- uređaje za zaustavljanje vozila
- uređaje za osvjetljavanje ceste
- uređaje za davanje svjetlosnih znakova
- uređaje za omogućavanje normalne vidljivosti
- uređaje za kretanje vozila unatrag
- uređaje za kontrolu i ispuštanje ispušnih plinova
- uređaje za spajanje vučnog i priključnog vozila
- ostale uređaje i opremu vozila.⁸²

Svi uređaji koji uključuju prilagodbu ITS-a trebaju biti izvedeni na način da pomognu vozaču i putnicima te im istovremeno omoguće sigurnost i udobnost tijekom putovanja.⁸³

3.8. PAMETNI SEMAFORI

U većini dijelova svijeta prometna je gužva ozbiljan problem s obzirom na to da su većinom postavljeni semafori s fiksnim vremenom signala.⁸⁴

⁸⁰ <https://integratedroadways.com/> (20. 5. 2022.)

⁸¹ Ibidem.

⁸² Ibidem.

⁸³ Ibidem.

Takav način rada semafora u pravilu dovodi do dugih redova na semaforima koji stvaraju gužve na cestama i iznimnu nelagodu za sudionike u prometu, što za posljedicu ima pretjerano nepoštivanje prometne signalizacije i nesreće.⁸⁵ Prometna gužva također smanjuje učinkovitost prometne infrastrukture i povećava vrijeme putovanja, onečišćenje zraka i potrošnju goriva.

Za automatski sustav kontrole prometa prije implementacije bilo kakvoga algoritma upravljanja potrebno je prvo pratiti frekvenciju prometa. Postoje različiti načini za praćenje prometa kao što su obrada videoslike koja uključuje brojanje vozila presjecajućim senzorima blizine/dodira. Konvencionalni sustavi upravljanja semaforima temelje se na fiksnim vremenskim intervalima semafora.

ATCS (engl. *Adaptive traffic mana* – adaptivni sustav upravljanja prometom) kombinacija je tehnologije koja se koristi u prometnoj signalizaciji za usvajanje rješenja prometnih zagušenja. Omogućuje varijaciju vremena signala u stvarnom vremenu što implicira poboljšane mogućnosti donošenja odluka na raskrižjima. ATCS služi za upravljanje prometnim sustavom prema stvarnoj prometnoj potražnji. ATCS broji i analizira dolazne podatke i daje odgovor u stvarnom vremenu na geometriji raskrižja i mijenja semafore prema prometnoj potražnji.⁸⁶

Tehnologija sustava prilagodljive kontrole prometa koristi se s kombinacijom naprednoga hardvera i softvera za prepoznavanje potražnje prometa. Ta je tehnologija brža zbog svojih naprednih algoritama koji reagiraju optimizacijom u stvarnom vremenu i koordiniraju kretanje prometa kako bi poboljšali ukupni protok prometa.⁸⁷

Najvažnije su karakteristike ATCS-a:

- rješenje za optimizaciju prometne signalizacije
- sposobnost prepoznavanja trenutnoga stanja u prometu
- omogućuje centralizirani adaptivni rad.⁸⁸

⁸⁴ Ibidem.

⁸⁵ Q. Guo, L. Li, X. (Jeff) Ban. Urban traffic signal control with connected and automated vehicles: A survey, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 101 (2019), pp. 313-334

⁸⁶ Ibidem.

⁸⁷ <http://www.onnyx.in/microprocessor-based-road-traffic-signal-controller.html> (24.5.2022.)

⁸⁸ Ibidem.

Prilagodljivi sustav kontrole prometa prilagođava se obrascima prometa u stvarnom vremenu kako bi optimizirao protok prometa dinamičkom promjenom zelenih vremenskih intervala. ATCS algoritam kontinuirano prilagođava vremena prometnih signala na temelju prometne potražnje na raskrižjima i očekivanih dolazaka sa susjednih raskrižja. Značajno poboljšava vrijeme putovanja postupnim kretanjem vozila kroz zelena svjetla i smanjuje zagušenje stvaranjem boljšeg protoka.⁸⁹

Elementi adaptivnoga sustava semaforiziranih raskrižja prikazani su u nastavku, na slici 15.



Slika 15. Elementi adaptivnog sustava semaforiziranih raskrižja

Izvor: obrada autorice prema <https://www.elftronics.com/adaptive-traffic-control-system> (24. 6. 2022.)

ATCS određuje optimizirane crveno-zelene faze prometnih signala kako bi se postigla zeleno-zelena sinkronizacija čvorova u cijeloj regiji postavljanja. ATCS se dinamički prilagođava promjenjivim prometnim uvjetima u stvarnom vremenu. ATCS koristi se algoritmima strojnoga učenja za analizu podataka o prometu u stvarnom vremenu iz detektora vozila kako bi odredio vrijeme trajanja signala koje je optimalno za postojeće prometne uvjete.

⁸⁹ <https://www.elftronics.com/adaptive-traffic-control-system> (24. 6. 2022.)

Trajanje crveno-zelenih faza prometnoga signala i zelenih valova automatski se mijenja u svakom ciklusu ispitivanjem prometnih uvjeta na raskrižjima duž koridora ili cijele regije postavljanja.

PSIM je napredna softverska platforma za upravljanje informacijama o fizičkoj sigurnosti koja kombinira inteligentnu videoanalitiku, univerzalnu IP povezanost i mogućnosti automatizacije vođene događajima u jednom okruženju.⁹⁰

Videozapise o prometu prikupljaju nadzorne kamere i šalju poslužiteljima Axxon Traffic Control Software. Oni analiziraju videopodatke i izračunavaju parametre toka prometa kako bi izračunali sljedeće standarde karakteristika prometa:

- prosječnu brzinu [km/h]
- obujam prometa (broj vozila po satu) [vozilo/sat]
- gustoću prometa [vozilo/km].⁹¹

Također se izračunava:

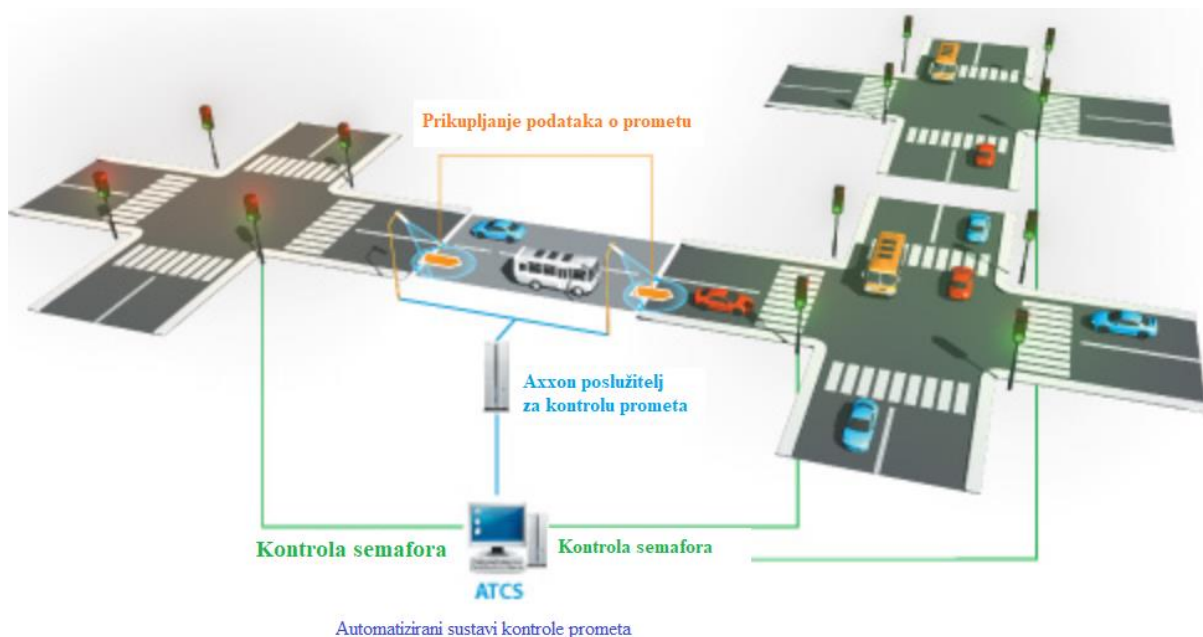
- zauzetost traka [%]
- duljina vozila [m] – (za klasifikaciju vozila)
- duljina reda na raskrižju
- broj slučajeva vozila koja voze u pogrešnom smjeru.⁹²

Prikaz načina funkcioniranja automatiziranoga sustava kontrole prometa prikazan je na slici 16.

⁹⁰ <https://www.axxonsoft.com/products/psim> (22. 6. 2022.)

⁹¹ Ibidem.

⁹² Ibidem.



Slika 16. Način funkcioniranja automatiziranoga sustava kontrole prometa

Izvor: Obrada autorice prema <https://www.axxonsoft.com/products/integration/traffic-control/smart-traffic-control> (28. 6. 2022.)

ATCS omogućuje automatizirano upravljanje semaforima. Promet se regulira semaforima kojima upravljaju pametni kontrolori prometa, a kojima podatkovnim vezama upravlja središnji poslužitelj ATCS-a.

3.9. PAMETNI PJEŠAČKI PRIJELAZI

Radari aktivno doprinose optimizaciji upravljanja cestovnim prometom u cilju poboljšanja mobilnosti i poboljšanja sigurnosti na cestama. Svaki se pješak tako može kretati potpuno mirno, bez gubljenja vremena i potpuno sigurno.

Pametni pješački prijelaz prati situaciju na prometnim trakama i nogostupima i ima nekoliko sigurnosnih funkcija i nekoliko funkcija obavješćivanja.

Pametni pješački prijelaz prikazan je na slici 17.

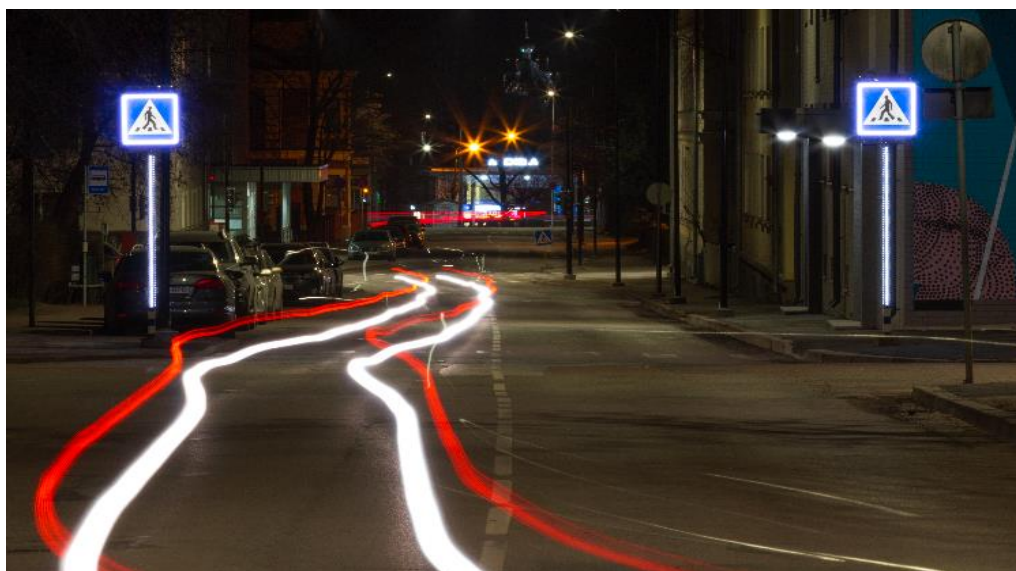


Slika 17. Pametni pješački prijelaz

Izvor: <https://www.sice.com/en/news/smart-pedestrian-crossing> (14. 6. 2022.)

Glavna je zadaća pametnih pješačkih prijelaza poboljšati svijest sudionika u prometu koji se nalaze u blizini i obavijestiti sudionike u prometu o mogućoj prometnoj opasnosti. Pametni pješački prijelazi koriste LED svjetla na stupu za obavještanje vozača i zvučni signal za obavještanje pješaka.⁹³

LED svjetla na pametnim pješačkim prijelazima prikazana su na slici 18.



Slika 18. LED svjetla na pametnim pješačkim prijelazima

Izvor: <https://tomorrow.city/a/smart-pedestrian-crosswalk> (14. 6. 2022.)

⁹³ Ibidem.

Za detekciju situacija koje uključuju prometne opasnosti koriste se uski algoritmi umjetne inteligencije koji su sposobni predvidjeti putanje kretanja sudionika u prometu i unaprijed ih upozoriti. Kako bi se postignuli ciljevi autonomne vožnje, potrebno je poboljšati percepciju vozila izvan onoga što stvaraju senzori na vozilu.⁹⁴

⁹⁴ Ibidem.

4. PRIJEDLOG UVOĐENJA INTELIGENTNOGA SUSTAVA

UPRAVLJANJA – MIKROLOKACIJA PEHLIN (RIJEKA)

U ovom poglavlju detaljno će se analizirati vrlo prometna dionica ceste u blizini Osnovne škole „Pehlin“ u Rijeci na kojoj se vozila kreću velikim brzinama. Napravljena je analiza trenutnoga stanja koja ukazuje na brojne vidljive probleme na navedenoj dionici. U nastavku će se predložiti moguća rješenja na promatranj dionici s ciljem smirenja prometa.

4.1. ANALIZA STANJA TRENUTNE SIGNALIZACIJE NA DIONICI CESTE OSNOVNE ŠKOLE „PEHLIN“ U RIJECI

Ulica Pehlin vrlo je prometna jer spaja periferiju grada Rijeke sa samim centrom grada. Također, područje Pehlina gusto je naseljeno stambenim zgradama i obiteljskim kućama. Prometno opterećenje prometnice povećava se drastično u vršnim satima te nakon toga opada.

Osnovna škola „Pehlin“ nalazi se na području istoimene četvrti i ulice, na adresi Pehlin 34. Ulica Pehlin proteže se od Vukovarske ulice pa sve do Ulice Turkovo.

Promatrana dionica ima iznimnu važnost, prije svega zbog nazočnosti i kretanja velikoga broja djece koja pohađaju školu. Radi se o oko pet stotina djece.

Budući da je navedena dionica ravna i nema iznimno oštre zavoje, a u smjeru prema Rijeci nizbrdica je na kojoj se razvijaju velike brzine, što predstavlja opasnost s obzirom na to da je ulica, kao i prometnica, prilično uska, pješački prijelaz postavljen je kod same Osnovne škole „Pehlin“, a desetak metara iznad autobusnoga stajališta.

Pločnik za pješake kod semaforiziranoga pješačkoga prijelaza prikazan je na slici 19.



Slika 19. Pločnik za pješake kod semaforiziranoga pješačkoga prijelaza

Izvor: izrada autorice (15. 5. 2022.)

Promet dionicom odvija se u oba smjera i s obje strane kolnika protežu se pločnici za pješake. Na ulazu u osnovnu školu nalazi se pješački prijelaz koji je obilježen vertikalnom i horizontalnom signalizacijom. Pri nailasku vozila pješačkom prijelazu nailazi se na šest vibracijskih traka,⁹⁵ koje su prikazane na slici 20.

⁹⁵ Vibracijske trake postavljaju se na mjestima gdje se želi upozoriti vozača na vožnju prema propisanom ograničenju brzina na cesti.



Slika 20. Vibracijska traka

Izvor: izrada autorice (15. 5. 2022.)

Prema Pravilniku o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, vibracijske trake postavljaju se preko cijele širine kolnika (širine 20 do 40 cm i visine 18 do 25 mm) te su položene u paru na međusobnoj udaljenosti 1.8 m, zbog čega se može zaključiti da su vibracijske trake ispravno postavljene, prije prilaza pješačkom prijelazu.⁹⁶

Na dionici nema popratne vertikalne signalizacije koja pravovremeno upozorava vozače na vibracijske trake i na približavanje pješačkom prijelazu u blizini škole. Kod pješačkoga prijelaza, postavljena je vertikalna signalizacija; znak C31 „školska patrola”.

Prometno zrcalo K28 prikazano je na slici 21.

⁹⁶ Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama, čl. 99.



Slika 21. Prometno zrcalo K28

Izvor: izrada autorice (15. 5. 2022.)

Iz smjera Marinići – Rijeka postavljena je vertikalna signalizacija C03⁹⁷ koja nije vidljiva od stabla čije ga lišće prekriva. Navedena situacija prikazana je na slici 22.

⁹⁷ Označava mjesta na cesti kojima se djeca kreću često ili u većem broju (primjerice: pješački prijelaz ispred škole, vrtića, igrališta i sličnih prostora).



Slika 22. Vertikalna signalizacija C03

Izvor: izrada autorice (15. 5. 2022.)

Također, iz smjera Marinića prema Pehlinu postavljen je vertikalni znak H75⁹⁸ koji također nije vidljiv od stabla čije ga lišće prekriva. Navedena situacija prikazana je na slici 23.



Slika 23. Vertikalna signalizacija H75

Izvor: izrada autorice (15. 5. 2022.)

Osim vibracijskih traka i raznih prometnih znakova postavljen je i semafor koji ima prateću horizontalnu i vertikalnu signalizaciju prikazan na slici 24.

⁹⁸ zona smirenoga prometa



Slika 24. Semafor kod pješačkog prijelaza

Izvor: izrada autorice (15. 5. 2022.)

Na semaforu je postavljeno pješačko tipkalo koje prilikom pritiska treba „ubrzati” nesmetani prijelaz pješaka na drugu stranu kolnika.

Zeleno svjetlo pali se automatski pritiskom na tipku jedino ako na prometnici nema automobila koji nailaze na semafor ili nakon nekoliko sekundi dok semafor, tj. njegovi senzori ne detektiraju sigurno zaustavljanje vozila koje nailazi na semafor.

4.2. PRIJEDLOG POBOLJŠANJA PROMETNOGA RJEŠENJA PROMATRANE DIONICE CESTE

Prometni problem javlja se na već spomenutoj mikrolokaciji u gradu Rijeci, kojom prolazi velika količina ljudi uključujući školarce.

Pametni pješački prijelazi već sada postoje diljem Hrvatske i uvođenje upravo takvoga prijelaza na tu dionicu bilo bi od velikoga značenja.

Jedan takav pametni pješački prijelaz sastoji se od pozivnoga pješačkog semafora i mjerača brzine s tekstualnom porukom koji međusobno komuniciraju žičnom ili bežičnom vezom. Ovisno o brzini vozila mjerači brzine upravljaju radom semafora, a vozači uočavaju uzročno-posljedičnu vezu između svoje brzine i reakcije semafora.⁹⁹

Na slici 25 prikazan je radar s pokazivačem brzine.



Slika 25. Radar s pokazivačem brzine

Izvor: <https://elektromodul-promet.hr/proizvod/semaforplus/> (20. 8. 2022.)

Kod pozivnoga pješačkoga semafora mjerač brzine vozila smješten je na nekoliko stotina metara od njega i neprekidno kontrolira brzinu vozila koja nadolaze te upozorava vozače koji su u prekoračenju da će se preventivno upaliti crveno svjetlo u slučaju da svoju brzinu ne usklade s propisima. Pojednostavljeno rečeno, mjerač brzine upravlja semaforskim uređajem ovisno o brzini vozila koje nailazi.

Kada vozilo poštuje ograničenje, na displeju se ispisuje poruka vozačima „HVALA!“ te na semaforu ostaje upaljeno zeleno svjetlo. Ako se dogodi prekoračenje brzine do 10 km/h iznad ograničenja brzine, na displeju se ispisuje poruka „OPREZ USPORITE!“. U slučaju da vozilo prekoračuje ograničenje brzine za više od 10km/h na displeju se ispisuje poruka „PALIM CRVENO!“ te se na semaforu pali crveno svjetlo.

⁹⁹ <https://revijahak.hr/2021/10/30/inteligentna-prometna-rjesenja-hrvatska-priprema-studiju-za-autonomna-vozila> (20. 8. 2022.)

Također, takav tip semafora ima kao primarni cilj raditi na klasični način, što znači da i kada vozila poštuju ograničenje, ako se pješak najavio na pozivno pješačko tipkalo, pali se crveno svjetlo na semaforu te mu omogućuje nesmetan prijelaz.

Kod takvoga tipa semafora značajno je da se dobro istakne dopuštena brzina i da se vozače informira da je riječ o takvom tipu semafora. Takav semafor ima cilj informirati sudionike u prometu o eventualnim prekoračenjima brzine te bi smetao samo onima koji ne poštuju propise, a ostalim vozačima, koji se drže ograničenja brzine, semafor ne bi trebao izazivati nezadovoljstvo.

Takva se vrsta semafora većinom postavlja u zonama škola i vrtića. Statistički gledano semafor smanjuje broj prometnih nezgoda s poginulim i teško ozlijeđenim osobama za velikih 80 % te nesreća s lako ozlijeđenima za 46 %. Postavljanjem takve signalizacije sigurnosti djece i ostalih pješaka koji se svakodnevno služe tim pješačkim prijelazom povećana je.¹⁰⁰

Osim uvođenjem pozivnoga pješačkoga semafora s mjerачem brzine postoji niz ideja kojima bi se mogla potaknuti veća disciplina vozača, ali i kod institucija koje su zadužene za postavljanje prometnih znakova i održavanje kako kolnika tako i pješačkih zona.

Također, jedna od mogućih ideja smirenja prometa na spomenutoj dionici postavljanje je stacionarne kamere za očitavanje brzine kretanja vozila.

Takve kamere imaju kao prednost što nema dodatnih radova na cesti prilikom njihova postavljanja, već se one smještaju na stupove pored ili iznad prometnice. Sustav funkcionira na način da snimke ili slike izravno prenosi u procesor, a zatim analizira karakteristike kretanja vozila, odnosno prekoračenje brzine prema zaprimljenim podacima bez ljudske asistencije.

Snimke kamere prikazuju:

- boju
- tip i registarsku oznaku
- datum i vrijeme prekršaja
- podatke o lokaciji kamere
- brzinu kretanja u prekršaju

¹⁰⁰ <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/znate-li-sto-je-pozivno-pjesacki-semafor-najbolje-rjesenje-problema-prebrzih-vozaca-foto-20181218> (20. 8. 2022.)

- dopuštenu brzinu kretanja na tom djelu prometnice
- upotreba mobitela
- nekorištenje sigurnosnog pojasa.¹⁰¹

U Hrvatskoj se zadnjih nekoliko godina sve češće postavljaju kamere s ciljem mjerenja brzine kretanja vozila te prepoznavanjem kršenja prometnih zakona. Prilikom kršenja prometnih zakona kamere bilježe registarske pločice te izravno izvještavaju nadležno policijsko tijelo o počinjenom prekršaju. Kamere su postavljene da bi vozače potaknule da poštuju zakonsku regulativu ograničenja brzine, naročito na mjestima koja su se analitički i statistički pokazala kao opasna.

Lokacije kamera za mjerenje brzine kretanja vozila javno su objavljene s ciljem informiranja vozača. Vozači koji su upoznati s lokacijama kamera na tim dionicama usporavaju brzinu kako ne bi dobili kaznu. Međutim, postoji dio vozača koji nisu upoznati s lokacijama kamera zbog čega pri većim brzinama dobiju kazne za prekoračenje brzine.

Na slici 26 prikazan je sustav videodetekcije koja upotrebom kamere bilježi prometne prekršaje prekoračenja brzine te automatski očitava registarske oznake i dobiva potrebne podatke o prekršitelju, odnosno vozaču. Kao što se može vidjeti iz slike, kamera se postavlja na infrastrukturu prometnice, odnosno u ovom slučaju za rasvjetni stup.



Slika 26. Sustav videodetekcije koja upotrebom kamere bilježi prometne prekršaje

Izvor: <https://ploce.com.hr/aktualno/najnoviji-popis-pogledajte-gdje-se-nalaze-kamere-za-nadzor-brzine-u-nasoj-i-susjednoj-zupaniji/> (20. 8. 2022.)

¹⁰¹ fusnota <https://azop.hr/videonadzor/> (20. 8. 2022.)

Pozivni pješački semafor kao i sustav videodetekcije koja upotrebom kamere bilježi prometne prekršaje imaju isti zadatak, a to je smirenje prometa kod postojećega stanja dionice ceste.

Pozivni pješački semafor može trenutačno zaustaviti promet, dok sustav videodetekcije upotrebom kamere mjeri brzinu koja kao posljedicu ima novčane kazne za sve one koji se ne pridržavaju prometnih pravila. Najčešće upravo takav pristup može imati važan utjecaj kod smirenja prometa na promatranj dionici.

Osim uvođenja novih sustava za smirenje prometa kod postojećega stanja dionice ceste, uočeni su nedostaci i potrebno ih je ukloniti kako bi se ostvario veći stupanj sigurnosti za pješake, ali i za vozače. Na dijelu prometnice iz smjera Marinića u smjeru Rijeke na vertikalnim signalizacijama C03 i C21 trebalo bi otkloniti lišće sa stabla kako bi se signalizacija mogla dobro vidjeti. Tim načinom postavljanja signalizacije vozači su pravovremeno obaviješteni da dolaze u zonu smirenoga prometa i da smanje brzinu zbog kretanja djece po pločniku.

5. ZAKLJUČAK

Stalno rastući opseg cestovnoga prometa diljem svijeta dovodi do prometnih zagušenja i gužvi, povećava troškove prijevoza i utječe na ljudske živote. Inteligentni sustav upravljanja cestovnim prometom omogućuje putnicima bolju informiranost te sigurnije, koordiniranije, učinkovitije i pametnije korištenje cestovnih prometnih mreža.

Tehnologija može pružiti pomoć svima koji sudjeluju u cestovnom prometu. Glavna namjena inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu osigurati je siguran prolaz prometnicom te smanjiti broj prometnih nesreća.

Inteligentni transportni sustavi tehnologije su koje na jednostavniji način pokušavaju olakšati svakidašnje navike ljudi koji su sudionici u transportu.

U današnje vrijeme broj opće populacije rapidno raste zbog čega je sve veća potreba za transportom, a samim time postoji i veća potreba za rješenjima koje pokušavaju olakšati korisnicima da brže, jednostavnije i učinkovitije obave transport. Inteligentni sustavi upravljanja cestovnim prometom pokušavaju ostvariti prometnu djelotvornost minimiziranjem prometnih problema te se usmjeravaju na rekonstrukciju prometne infrastrukture.

Pametna prometna infrastruktura podrazumijeva postojeću, modificiranu prometnu infrastrukturu koja je opremljena opremom za prikupljanje podataka, odnosno različitim vrstama senzora. Ti senzori podrazumijevaju, na primjer, videokamere, radare, meteorološke senzore, detektore te svu onu ostalu opremu koja može prikupljati podatke. Prikupljeni podaci šalju se u posebne stanice za obradu navedenih podataka (servere) u stvarnom vremenu kako bi se mogla donijeti odluka u cilju smanjenja zagušenja, održavanja aktivnoga i neometanoga prometnog toka ili čak u nekom drugom smislu kako bi se reducirale emisije štetnih tvari generirane uslijed realizacije prometnih tokova. Sve navedeno u funkciji je upravljanja prometom u realnom vremenu i čini sustave za podršku u odlučivanju.

Na primjeru dionice kod Osnovne škole *Pehlin* kreće se velik broj pješaka te je od iznimne važnosti smiriti i dobro regulirati promet. Postojeće stanje ne zadovoljava sve kriterije dobro reguliranoga prometa zbog čega je neophodno situaciju izmijeniti prije nego što se dogodi neki nesretni slučaj.

Sustav inteligentnoga upravljanja prometom napredna je inteligencija koja kao takva ima cilj pružanje inovativnih usluga povezanih s različitim načinima prijevoza i upravljanja prometom.

LITERATURA

1) KNJIGE

1. Bošnjak, I., Badanjak, D.: Osnove prometnog inženjerstva, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2005., p. 10.
2. Mandžuka, S.: Intelligent transport system: Selected Lectures, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2015.
3. Perallos, A., Jayo-Hernandez U., Onieva E., Zuazola, I. J. G.: Intelligent Transport Systems: Technologies and Applications, Wiley, 2015.
4. Regan M., Oxley J., Tingvall C.; Intelligent transport systems: Safety and human factors issues, RACV, 2001.

2) ČLANCI U ČASOPISIMA

5. Barros, J., Araujo, M., Rossetti, R. J. (2015) Short-term real-time traffic prediction methods: A survey. In: 2015 International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS), 132-139.
6. Ghosh, R.; Akula, A.; Kumar, S.; Sardana, H. (2015) Time–frequency analysis based robust vehicle detection using seismic sensor. *J. Sound Vibr.*, 346, 424–434.

In Proceedings of the XIV Congreso de Ingenieria del Transporte (CIT 2021), University of Burgos, Burgos, Spain, 6–8 July 2021; pp. 2987–2999.
7. Mandžuka, S. et al.: Directives of the European Union on Intelligent Transport Systems and their Impact on the Republic of Croatia, *Promet-Traffic&Transportation*, Vol. 25, No. 3, 2013., str. 273-283
8. Mandžuka, S., Vučina, A., Škorput, P.: Primjena autonomnih vozila u kriznim situacijama, 2019.
9. Meneguetto, R. I., Geraldo Filho, P. R., Bittencourt, L. F., Ueyama, J., Krishnamachari, B. i Villas, L. A. (2015) Poboljšanje inteligencije u komunikaciji između vozila za otkrivanje i smanjenje zagušenja u urbanim središtima. U: 2015 IEEE Symposium on Computers and Communication (ISCC), 1-6.

10. Pérez-Acebo, H.; Otxoa-Muñoz, X.; Marquina-Llaguno, M.; Gonzalo-Orden, H. Evaluation of the Efficiency of Traffic Lights Turning Red in Case of Exceeding Speed Limit with Previous Panels Indicating the Speed.
11. Q. Guo, L. Li, X. (Jeff) Ban. Urban traffic signal control with connected and automated vehicles: A survey, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 101 (2019), pp. 313-334
12. Xiao, z., Song, W., Chen, Q.: Dynamic resource allocation using virtual machines for cloud computing environment, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, vol. 24, no. 6, pp. 1107–1117, Jun. 2013.

3) ELEKTRONIČKI IZVORI

13. <http://www.autopressnews.com/index.shtml> (24. 6. 2022.)
14. <http://www.infiniteinformationtechnology.com/what-vehicle-to-everything-is-part-2-of-3> (14. 6. 2022.)
15. <http://www.onyx.in/microprocessor-based-road-traffic-signal-controller.html> (24. 5. 2022.)
16. <https://autocrypt.io/4-car-features-rely-on-vehicle-to-cloud-connectivity/> (28. 6. 2022.)
17. <https://autocrypt.io/v2n-the-game-changer-for-mobility/> (24. 6. 2022.)
18. <https://azop.hr/videonadzor/> (20. 8. 2022.)
19. https://bib.irb.hr/datoteka/801261.ITS_Selected_Lectures_Mandzuka.pdf (16. 6. 2022.)
20. <https://blog.ferrovial.com/en/2019/02/smart-pavement-working-in-the-real-world> (20. 6. 2022.)
21. <https://blog.goodvisionlive.com/the-development-of-traffic-data-collection-methods> (26. 5. 2022.)
22. <https://blog.rgbsi.com/connection-with-vehicle-to-network-v2n> (10. 8. 2022.)
23. <https://blog.rgbsi.com/defining-vehicle-to-pedestrian-v2p> (27. 6. 2022.)
24. <https://blog.rgbsi.com/what-is-v2i-technology> (26. 6. 2022.)
25. <https://daseuropeanautohaus.com/is-a-v2v-communication-system-worth-it/> (24. 6. 2022.)
26. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_4312 (28. 8. 2022)

27. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_21_6727 (20. 5. 2022.)
28. <https://elektromodul-promet.hr/proizvod/semaforplus> (9. 9. 2022.)
29. <https://elektromodul-promet.hr/proizvod/semaforplus/> (20. 8. 2022.)
30. <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1049/iet-its.2013.0045> (20. 5. 2022.)
31. <https://ploce.com.hr/aktualno/najnoviji-popis-pogledajte-gdje-se-nalaze-kamere-za-nadzor-brzine-u-nasoj-i-susjednoj-zupaniji/> (20. 8. 2022.)
32. <https://revijahak.hr/2021/10/30/inteligentna-prometna-rjesenja-hrvatska-priprema-studiju-za-autonomna-vozila/> (20. 8. 2022.)
33. <https://rno-its.piarc.org/en/systems-and-standards-its-architecture/what-its-architecture> (14. 6. 2022.)
34. <https://semiengineering.com/where-are-the-autonomous-cars/> (22. 9. 2022.)
35. <https://theconstructor.org/transportation/intelligent-transportation-system/1120/> (22. 5. 2022.)
36. <https://tomorrow.city/a/smart-pedestrian-crosswalk> (14. 6. 2022.)
37. <https://vrioeurope.com/en/smart-road-technology-digital-highways-of-the-future/> (20. 6. 2022.)
38. <https://wmich.edu/sites/default/files/attachments/u883/2019/16-06.pdf> (27. 6. 2022.)
39. <https://www.aindralabs.com/what-is-intelligent-transportation-system-its-applications-and-examples/> (20. 5. 2022.)
40. <https://www.axxonsoft.com/products/integration/traffic-control/smart-traffic-control> (28. 6. 2022.)
41. <https://www.citiesforum.org/news/emergence-of-integrated-traffic-management-system/> (20. 6. 2022.)
42. <https://www.dreamstime.com/smart-parking-lot-guidance-system-overhead-indicators-intelligent-sensors-assist-control-monitor-efficient-management-d-image133845364> (20. 5. 2022.)
43. <https://www.effronics.com/adaptive-traffic-control-system> (24. 6. 2022.)
44. <https://www.extremetech.com/extreme/176093-v2v-what-are-vehicle-to-vehicle-communications-and-how-does-it-work> (24. 5. 2022.)
45. <https://www.hotcars.com/fully-autonomous-driving-2022/> (20. 9. 2022.)

46. <https://www.intel.com/content/www/us/en/transportation/smart-road-infrastructure.html> (20. 6. 2022.)
47. <https://www.its.dot.gov/research.htm> (24. 6. 2022.)
48. <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/v2x-in-the-connected-car-of-the-future> (14. 5. 2022.)
49. https://www.researchgate.net/figure/Vehicle-to-Infrastructure-V2I-communication_fig1_309546589 (26. 6. 2022.)
50. https://www.researchgate.net/figure/Vehicle-to-Vehicle-V2V-communication_fig26_309546589 (25. 6. 2022.)
51. <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/vehicular-ad-hoc-network> (24. 6. 2022.)
52. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Polish-initial-project-of-electronic-toll-Nowacki-Mitraszewska/240a3012f2e434bba65aaf6b39b37c1f447bd7ac/figure/4> (25. 5. 2022.)
53. <https://www.sice.com/en/news/smart-pedestrian-crossing> (14. 6. 2022.)
54. <https://www.st.com/en/applications/telematics-and-networking/vehicle-to-everything-v2x.html> (18. 5. 2022.)
55. <https://www.thalesgroup.com/en/markets/digital-identity-and-security/iot/industries/automotive/use-cases/v2x> (25. 5. 2022.)
56. https://www.thecarconnection.com/news/1080042_vehicle-to-infrastructure-technology-on-the-road-in-germany (26. 6. 2022.)
57. <https://www.tportal.hr/autozona/clanak/znate-li-sto-je-pozivno-pjesacki-semafor-najbolje-rjesenje-problema-prebrzih-vozaca-foto-20181218>(20.8. 2022.)
58. <https://www.traffictechnologytoday.com/wp> (14. 5. 2022.)
59. <https://www.trafiksol.com/blog/intelligent-traffic-management-system-for-random-services/> (23. 5. 2022.)
60. <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g> (24. 6. 2022.)

4) OSTALI IZVORI

61. Narodne novine, (2005.), Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama NN 33/05, Narodne novine, Zagreb

62. Uredba (EU) 2019/2144 Europskog parlamenta i Vijeća. Dostupno na:
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hr/TXT/?uri=CELEX%3A32019R2144>
(20. 7. 2022.)

KAZALO KRATICA

Kratika	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
ADAS	engl. <i>Advanced Driving Assistance Systems</i>	Napredni sustav pomoći u vožnji
ATCS	engl. <i>Adaptive traffic mana</i>	Adaptivni sustav upravljanja prometom
ATM	engl. <i>Active traffic management</i>	Aktivno upravljanje prometom
eCall	engl. <i>Emergency call</i>	Hitni poziv
ETC	engl. <i>Electronic toll collection systems</i>	Sustavi elektroničke naplate cestarine
GNSS	engl. <i>Global Navigation Satellite System</i>	Globalni navigacijski satelitski sustav
GPS	engl. <i>Global Positioning System</i>	Globalni sustav pozicioniranja
ISO	engl. <i>International Standardization Organization</i>	Međunarodna organizacija za normizaciju
ISA	eng. <i>Intelligent Speed Assistance</i>	Inteligentni sustav za pomoć pri kontroli brzine
ITS	engl. <i>Intelligent transport systems</i>	Inteligentni transportni sustavi
LPR	engl. <i>Recognition of license plates</i>	Prepoznavanje registarskih tablica
MEMS	engl. <i>micro-electromechanical system</i>	Mikroelektromehanički sustav
RFID	engl. <i>Radio-frequency identification</i>	Identifikacija radijske frekvencije
RWIS	engl. <i>Monitoring of the weather information system on the roads</i>	Nadzor vremenskog informacijskog sustava na cestama

SAE	engl. <i>Society of Automotive Engineers</i>	Društvo automobilskih inženjera
SCADA	engl. <i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>	Nadzorna kontrola i prikupljanje podataka
TCC	engl. <i>Traffic control center</i>	Centar za kontrolu prometa
TIC	engl. <i>Travel information center</i>	Putnički informacijski centar
UHF	engl. <i>Ultra High Frequency</i>	Ultra visoke frekvencije
V2C	engl. <i>Vehicle to cloud</i>	Vozilo prema oblaku
V2D	engl. <i>Vehicle to device</i>	Vozilo prema uređaju
V2G	engl. <i>Vehicle to grid</i>	Vozilo prema mreži
V2I	engl. <i>Vehicle-to-Infrastructure</i>	Vozilo prema infrastrukturi
V2N	engl. <i>Vehicle-to-Network</i>	Vozilo prema mreži
V2P	engl. <i>Vehicle-to-Pedestrian</i>	Vozilo prema pješaku
V2V	engl. <i>Vehicle-to-Vehicle</i>	Vozilo prema vozilu
V2X	engl. <i>Vehicle to everything</i>	Vozilo prema okolini

POPIS TABLICA

Tablica 1. Način na koji rade inteligentni transportni sustavi	8
Tablica 2. Razine autonomnosti vozila s primjerima	25

POPIS SHEMA

Shema 1. Učinci ITS-a.....	10
----------------------------	----

POPIS SLIKA

Slika 1. Načini rada inteligentnih transportnih sustava	7
Slika 2. Funkcionalna područja ITS-a.....	9
Slika 3. Aspekti arhitekture ITS-a.....	12
Slika 4. Prikaz komunikacije vozila i okoline.....	16
Slika 5. Način rada V2V tehnologije.....	19
Slika 6. Način rada V2I tehnologije	20
Slika 7. Način rada V2D tehnologije.....	23
Slika 8. Način rada pametnoga parking	31
Slika 9. Sustav za navođenje pametnoga parkirališta.....	31
Slika 10. Sustavi elektroničke naplate cestarina	33
Slika 11. Složena prometna kretanja i skretanja	35
Slika 12. Konstrukcija pametnog kolnika.....	37
Slika 13. Konstrukcija pametne ceste.....	38
Slika 14. Funkcionalnosti inteligentne prometnice	39
Slika 15. Elementi adaptivnog sustava semaforiziranih raskrižja.....	42
Slika 16. Način funkcioniranja automatiziranoga sustava kontrole prometa	44

Slika 17. Pametni pješački prijelaz.....	45
Slika 18. LED svjetla na pametnim pješačkim prijelazima	45
Slika 19. Pločnik za pješake kod semaforiziranoga pješačkoga prijelaza	48
Slika 20. Vibracijska traka.....	49
Slika 21. Prometno zrcalo K28	50
Slika 22. Vertikalna signalizacija C03	51
Slika 23. Vertikalna signalizacija H75	51
Slika 24. Semafor kod pješačkog prijelaza.....	52
Slika 25. Radar s pokazivačem brzine.....	53
Slika 26. Sustav videodetekcije koja upotrebom kamere bilježi prometne prekršaje	55