

Inteligentni sustavi upravljanja prometom

Begović, Lucija

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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:187:502434>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-26**



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**

LUCIJA BEGOVIĆ

INTELIGENTNI SISTAVI UPRAVLJANJA PROMETOM

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023. godina.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**INTELIGENTNI SUSTAVI UPRAVLJANJA PROMETOM
INTELLIGENT TRAFFIC MANAGEMENT SYSTEM**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Poslovni informacijski sustavi

Mentor: prof. dr. sc. Edvard Tijan

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

Studentica: Lucija Begović

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 030303633093

Rijeka, rujan 2023.

Student/studentica: Lucija Begović
Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu
JMBAG: 030303633093

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom „ Inteligentni sustavi upravljanja prometom“

izradio/la samostalno pod mentorstvom prof. dr. sc. Edvard Tijana

te komentorstvom izv. prof. dr. sc. Saša Aksentijevića

U radu sam primijenio/la metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio/la literaturu koja je navedena na kraju diplomskog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo/la u diplomskom radu na uobičajen, standardan način citirao/la sam i povezao/la s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student/studentica



Ime i prezime studenta/studentice

Lucija Begović

Student/studentica: Lucija Begović
Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu
JMBAG: 030303633093

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG DIPLOMSKOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor diplomskog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa diplomskim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog diplomskog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student/studentica - autor



Lucija Begović

SAŽETAK

Inteligentni sustavi upravljanja prometom postaju ključno rješenje za efikasno upravljanje izazovima poput zagušenja, većeg broja nesreća te čak i većeg onečišćenja okoliša. Ovaj rad prikazuje konceptualni okvir, arhitektonsku osnovu, povijesni razvoj te primjenu inteligentnih sustava upravljanja prometom u različitim prometnim sektorima. Poseban naglasak stavljen je na primjer Istarskog ipsilona kao reprezentativnog primjera modernog prometnog sustava u Hrvatskoj. Kroz ovaj rad nastoji se ukazati na važnost tehnološkog napretka u optimizaciji prometne infrastrukture i iskustva korisnika te osvijestiti potrebu za informiranim planiranjem, nadzorom i upravljanjem prometom u suvremenom društvu. Ističe se vitalnu ulogu koju inteligentni sustavi upravljanja prometom igraju u poboljšanju učinkovitosti prometa, sigurnosti i cjelokupnog upravljanja prijevozom.

Ključne riječi: inteligentni sustavi upravljanja prometom, suvremene tehnologije, Istarski ipsilon

SUMMARY

Intelligent traffic management systems are becoming a key solution for the efficient management of challenges in the transport sector, such as congestion, more accidents and even wider issues like environmental pollution. This paper presents the conceptual framework, architectural basis, historical development and application of intelligent traffic management systems in different traffic sectors. Special emphasis is placed on the example of the Istrian Epsilon, as a representative example of a modern transport system in Croatia. This study is trying to highlight the importance of technological progress in the optimization of transport infrastructure and user experience, and to raise awareness of the need for informed planning, monitoring and management of traffic in modern society. It highlights the vital role that intelligent traffic management systems play in improving traffic efficiency, safety and overall transport management.

Keywords: intelligent traffic management systems, modern technologies, Istrian epsilon

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA.....	2
1.2. RADNA HIPOTEZA.....	2
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	2
1.4. ZNANSTVENE METODE.....	2
1.5. STRUKTURA RADA.....	3
2. RAZVOJ INTELIGENTNIH SUSTAVA URAVLJANJA PROMETOM.....	4
2.1. POJAM I ZNAČAJKE INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM.....	5
2.2. ARHITEKTURA INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM.....	9
2.3. RAZVOJ INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM.....	11
3. PRIMJENA INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM.....	15
3.1. INFORMIRANJE PUTNIKA POMOĆU INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM.....	18
3.2. UPRAVLJANJE PROMETOM I OPERACIJAMA.....	20
3.3. VOZILA UNUTAR INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM.....	23
3.4. ULOGA INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PRIJEVOZOM TERETA.....	25
3.5. INTELIGENTNI SUSTAVI UPRAVLJANJA JAVNIM PRIJEVOZOM.....	26
3.6. ULOGA INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM U SLUČAJU PRUŽANJA HITNE POMOĆI.....	28
3.7. ELEKTRONIČKA PLAĆANJA VEZANA UZ TRANSPORT.....	29
3.8. SIGURNOST OSOBA U CESTOVNOM PRIJEVOZU.....	33
3.9. NADZOR VREMENSKIH UVJETA I OKOLIŠA.....	35
3.10. UPRAVLJANJE ODAZIVOM NA VELIKE NESREĆE.....	36
3.11. NACIONALNA SIGURNOST.....	39
4. INTELIGENTNI SUSTAVI UPRAVLJANJA PROMETOM NA PODRUČJU HRVATSKE.....	42
4.1. STANJE CESTOVNE PROMETNE MREŽE U HRVATSKOJ.....	46
4.2. INTERESI HRVATSKOG GOSPODARSTVA.....	47
4.3. PRIMJER ISTARSKOG IPSILONA U KORIŠTENJU INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM.....	50

5. ZAKLJUČAK.....	56
6. LITERATURA	58
7. POPIS SLIKA.....	64
8. POPIS TABLICA.....	65

1. UVOD

Rast broja stanovništva, sve veća urbanizacija te povećana potreba za mobilnošću i transportom utječe na prometni sektor koji se suočava sa sve većim izazovima. Povećana količina i učestalost korištenja vozila omogućava veću osobnu mobilnost, ali pridonosi i povećanom prometnom zagušenju. Iako se poboljšana osobna mobilnost prednost može smatrati napretkom, ona većim korištenjem postojećih prometnica.

Jednako tako, zbog ubrzanog tehnološkog napretka stanovništvo postaje sve informiranije, koristeći vlastite mobilne uređaje koji im omogućuju pristup internetu. Ova mogućnost pojedincima nudi opcije da se sami informiraju i planiraju vlastito putovanje. Zato je važno da i prometni sektor kontinuirano prati promjene pod utjecajem tehnološkog napretka koje se događaju na društvenoj razini. Tehnološki napredak postaje katalizator za pametniju, sigurniju i povezaniju budućnost prijevoza. Tako se omogućava kvalitetnije iskustvo putovanja za korisnika prometnog sustava, a ujedno se i optimizira učinak prometne infrastrukture. Osim toga, povećanje mobilnosti i transporta uzrokuje i veće onečišćenje okoliša te izazove u brojnim drugim sektorima, što zahtjeva otkrivanje novih načina informiranog planiranja, nadzora i upravljanja prometom.

Novi zahtjevi unutar prometnog sektora zahtijevaju pronalazak kvalitetnih i suvremenih rješenja, koja se oslanjaju na sve brži tehnološki napredak. Inteligentni sustavi upravljanja prometom (ITMS) postaju jedni od ključnih odgovora na izazove koje postavlja suvremeno mobilno društvo. Ovi sustavi predstavljaju globalni fenomen koji je privukao interes različitih sektora od automobilske industrije, gospodarskog sektora pa sve do donositelja političkih odluka.

Ovim radom nastoji se prikazati složeno područje inteligentnih sustava upravljanja prometom, obuhvaćajući njihov konceptualni okvir, arhitektonsku osnovu, povijesni razvoj te primjenu tehnoloških usluga u različitim prometnim sektorima. Također, nastoji se prikazati stanje hrvatske prometne mreže i načini implementacije tehnologija inteligentnih sustava upravljanja prometom s naglaskom na primjer Istarskog ipsilona, kao jednog od najboljih primjera moderne prometne dionice na području Republike Hrvatske.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Predmet ovog istraživanja čini upravljanje prometom, usredotočujući se na inteligentne sustave pomoću kojih se povećava kvaliteta mnogih sastavnica procesa upravljanja cestovnim i drugim oblicima prometa. Unutar ovog područja javljaju se sve češći izazovi, unutar kojih su prometne nesreće i stvaranje gužvi najistaknutiji. Zato, ovim radom će se prikazati i opisati uspješni načini rješavanja ili sprečavanja navedenih izazova primjenom inteligentnih sustava upravljanja prometom.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Na temelju informacija predstavljenih kroz istraživanje, uključujući usmjerenje na inteligentne sustave upravljanja prometom, formulirana je sljedeća hipoteza: Inteligentni sustavi upravljanja prometom imaju potencijal kojim mogu revolucionirati rad prometnog sustava. Razvoj i implementacija inteligentnih sustava u prometu može značajno povećati učinkovitost prometnog sustava, omogućavajući nesmetano kretanje ljudi, robe i tereta.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Primarni cilj i zadaci ovog istraživanja usmjereni su na objašnjavanje obilježja, razvoja i načina korištenja inteligentnih sustava upravljanja prometom. Posebna pozornost posvećena je analizi rješavanja prometnih problema te procjeni učinkovitosti inteligentnih sustava upravljanja prometom. Nadalje, ovim istraživanjem prikazano je koja je uloga inteligentnih sustava u poboljšanju prometne učinkovitosti na području Hrvatske.

1.4. ZNANSTVENE METODE

Za potrebe ovog istraživačkog rada koristiti će se metode koje se temelje na analizi postojećeg teorijskog znanja na području inteligentnih sustava upravljanja prometom, te metode uključuju:

- metodu indukcije i dedukcije,

- komparativnu metodu,
- metodu deskripcije,
- metodu specijalizacije i generalizacije,
- metodu analize i sinteze.

1.5. STRUKTURA RADA

Prvo poglavlje Uvod, obuhvaća identifikaciju problema, predmet, istraživačka hipoteza i cilj istraživanja, navedene su korištene metode istraživanja te je opisana struktura rada.

Drugi dio rada predstavlja opis i značenje pojma inteligentnih sustava upravljanja prometom kako bi se definiralo pojmovno značenje od kojeg se polazilo pri provođenju ovog istraživanja. Također, ovo poglavlje predstavlja detaljan uvid u arhitekturu i proces razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom.

U trećem poglavlju su opisani različiti oblici primjene inteligentnih prometnih sustava, koje se dijeli na jedanaest potpoglavlja, unutar kojih su detaljno prikazani pojedini načini primjene, odnosno usluge koje nudi implementacija inteligentnih sustava upravljanja prometom.

Četvrto poglavlje opisuje stanje inteligentnih prometnih sustava na području prometnica Republike Hrvatske. Posebno istaknut je primjer Istarskog ipsilona, kao jedne od prometnih dionica u Hrvatskoj gdje je kvalitetno implementirana tehnologija inteligentni sustava upravljanja prometom.

Posljednje poglavlje predstavlja zaključak u kojemu se prikazani svi rezultati ovog istraživanja, objedinjena su prethodna poglavlja i nude se prijedlozi za daljnja istraživanja na ovom području prometnog sektora i implementacije inteligentnih sustava.

2. RAZVOJ INTELIGENTNIH SUSTAVA URAVLJANJA PROMETOM

S obzirom na postojeće trendove povećanja prometa i transporta, važno je i ove sustave kontinuirano unapređivati i usklađivati s ljudskim potrebama koje se uvijek mijenjaju. Zbog povećanja potrebe, ali i izmjene brojnih drugih čimbenika koji utječu na promet, sudionici u prometu suočavaju se s raznim izazovima poput gužvi u prometu, nesrećama te onečišćenjem zraka i brojnih drugim. Zbog urbanizacije i povećanja broja stanovnika smanjuje se učinkovitost prometne infrastrukture na globalnoj razini. Upravo zbog sve većih i učestalijih problema, krajem 20. stoljeća započeo je razvoj novog pristupa kojim se mogu riješiti problemi u prometu koji se temelji na inteligentnim sustavima, kako bi se ti problemi automatski sprečavali i rješavali¹. Inteligentni sustavi više ne predstavljaju novi koncept u prometnom sektoru, ali je svakako kontinuiran tehnološki napredak vidljiv i na ovom području, gdje se očituje sve veći broj inovacija poput automatiziranih vozila, naprednih detekcijskih nadzornih sustava i brojnih drugih.

Primarni razlog korištenja inteligentnih sustava upravljanja prometom je poboljšanje sigurnosti, ali također, ovi su sustavi najčešće najbolji izbor kako bi se povećala efikasnost pojedine prometne dionice te kako bi i sami sudionici u prometu imali kvalitetniju uslugu kao korisnici. Primjerice, inteligentni prometni sustavi smanjuju duljinu čekanja u automobilu zbog gužvi na cestama što utječe na smanjenje koncentracije sudionika prometa te povećava količinu stresa. Tako gledajući, inteligentni sustavi upravljanja prometom, nemaju ulogu isključivo u smanjenju nesreća, već utječu i na ljudsko zdravlje. Isto tako, izuzetno je važna uloga ovakvih sustava u zaštiti okoliša, odnosno smanjenju zagađenja. Također, važno je istaknuti i komponentu ekonomske učinkovitosti, s obzirom na to da razni oblici inteligentnih sustava pokazuju svoju isplativost smanjenjem prometnih, nesreće, zagušenje prometa, a samim time i brži protok te povećanje broja korisnika. Primjena inteligentnih sustava je vrlo često i inicijalno ekonomski isplativija od, primjerice, izgradnje novih prometnica ili korištenja ljudskih kapaciteta. Zahvaljujući raznolikim tehnologijama i inovativnim rješenjima, inteligentni sustavi u prometu pružaju odgovore na probleme modernog transporta i mobilnosti te transformira način na koji se promet odvija na cestama i prometnicama.

¹ Mandžuka, S. [Microsoft PowerPoint - predavanje 1 \(fpz.hr\)](#) (15. 07. 2023.)

2.1. POJAM I ZNAČAJKE INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM

Inteligentni transportni sustav kompleksan je sustav čiji je cilj pružiti inovativne usluge u vezi s različitim načinima odvijanja prometa i upravljanja prometom te omogućiti korisnicima veći stupanj informiranosti, sigurnosti i koordinacije u prometu². Nadalje, inteligentni transportni sustavi se mogu definirati i kao organizacijska i informacijsko-komunikacijska komponenta prometnog sustava koja ima ulogu u poboljšanju odvijanja prometa, transporta ljudi i tereta te smanjenja onečišćenja okoliša³. Hrvatski tehnički leksikon definira inteligentne transportne sustave (ITS) kao skup aplikacija, usluga i infrastrukturne opreme koji omogućuju upravljačku i informacijsko-komunikacijsku nadgradnju klasičnoga sustava prometa i transporta.⁴ Važno je napomenuti kako se pojmovi inteligentnog transportnog sustava i inteligentnog sustava upravljanja prometom razlikuju. Iako dio, posebice stranih, stručnjaka i autora koji se bave ovim područjem, ova dva pojma ne razlikuju, važno je naglasiti kako se pojam inteligentnih transportnih sustava smatra širim, odnosno nadređenim, pojmom od s inteligentnih sustava upravljanja prometom. Tako se inteligentni sustav za upravljanje prijevozom usmjerava na upravljanje i kontrolu prometnih sustava te obuhvaća implementaciju tehnoloških rješenja i strategija za učinkovito upravljanje protokom prometa, praćenje stanja na cesti, optimizaciju vremena prometne signalizacije i odgovor na incidente u stvarnom vremenu⁵. Te se u ovom radu i polazi od navedene definicije.

Inteligentni sustavi upravljanja prometom pridonose poboljšanju odvijanja prometa usmjeravajući se na poboljšanje učinkovitosti transporta putnika i robe, tako što unapređuju sigurnost te kvalitetu putovanja te imaju važnu ulogu u zaštiti okoliša.⁶ Inteligentni sustavi upravljanja se temelje na poboljšanju postojeće prometne infrastrukture poput olakšane komunikacije prometne infrastrukture i sudionika prometa, organizaciji prometa ovisno o

² Direktiva 2010/40/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 7. srpnja 2010. o okviru za uvođenje inteligentnih prometnih sustava u cestovnom prometu i za veze s ostalim vrstama prijevoza, 2010, Europski parlament, Strasbourg. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex:32010L0040>, (15.07.2023.)

³ Mandžuka, S.: Intelligent transport systems department, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.

⁴ Portal hrvatske tehničke baštine, Inteligentni transportni sustavi, 2018. <https://tehnika.lzmk.hr/inteligentni-transportni-sustavi/> (1. 08. 2023.)

⁵ Manikonda, P., Yerrapragada A. K., i . Annasamudram, S. S.: Intelligent traffic management system, 2011 *IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology (STUDENT)*, Semenyih, Malaysia, 2011., p. 119-122, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6089337> (17.07.2023.)

⁶ Mandžuka, S., op.cit. p. 1.

prostoru i vremenu ili korištenju inovativnih sustava ugrađenih u vozila. Usluge koje implementacija ovih sustava omogućuje, povećavaju prometnu učinkovitost te imaju niz benefita koji nadilaze isključivo prometni sektor. Tako se usluge koje pruža sustav inteligentnog upravljanja prometom definiraju kao funkcionalnosti koje se omogućavaju korisnicima inteligentnih sustava upravljanja prometom dizajniranih za povećanje sigurnosti, održivost, učinkovitost te udobnost prijevoza⁷.

Inteligentni sustavi upravljanja prometom dizajnirani su da djeluju kao inteligentni asistenti koji surađuju s prometnim inženjerom na zadatku definiranja i primjene odluka upravljanja prometom⁸. Značaj i doprinos inteligentnih sustava upravljanja prometom prepoznat je na globalnoj razini, što je moguće vidjeti na temelju osnivanja i provedbe brojnih projekata usmjerenih na istraživanje i implementaciju ovih sustava u prometnom sektoru. Također, zbog uloge koju inteligentni sustavi upravljanja prometom imaju u modernizaciji transporta i mobilnosti, osnivaju se i nacionalne i međunarodne udruge koje u fokusu imaju implementaciju inteligentnih sustava upravljanja prometom.⁹ Ovi sustavi preuzimaju i poboljšavaju kvalitetu prethodnih pristupa rješavanju prometnih problema. Dokazano je kako implementacija ovakvih sustava značajno doprinose u obliku¹⁰:

- centara za upravljanje prometom u urbanim područjima za praćenje prometa na autocesti,
- kontrolu prometne signalizacije i mjerenje na rampi za poboljšanje protoka i sigurnosti prometa,
- poboljšane informacije o putnicima,
- provjeru gospodarskih vozila i elektroničke naplate cestarine,
- satelitski baziranih dispečerskih sustavi u operacijama javnog prijevoza,
- navigacijskih sustava u vozilima i u privatnim vozilima,
- eko vožnje i eko rute,
- usluge dijeljenja vožnje putem interneta i

⁷ International Organization for Standardization: ISO 14813-1:2015 Intelligent transport systems - Reference model architecture(s) for the ITS sector - Part 1: ITS service domains, service groups and services, Geneva, 2015.

⁸ Kirschfink, H., Hernández, J., i Boero, M. Intelligent traffic management models. In Proceedings of the European Symposium on Intelligent Techniques (ESIT), 2000., p. 36-45, https://www.researchgate.net/publication/2927795_Intelligent_Traffic_Management_Models (17.07.2023.)

⁹ Mandžuka, S.: op.cit. p. 2

¹⁰ Dadić, I., Kos, G.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2007.

- usluge dijeljenja automobila i javnog bikesharing-a.

S modernizacijom šire se i mogućnosti korištenja inteligentnih sustava u prometnom sektoru. Tako je važno istaknuti kako se inteligentni sustavi upravljanja prometom ne koriste isključivo unutar cestovnog prometa, već se različite usluge koje ovaj sustav pruža koriste i u pomorskom, željezničkom i zračnom prometu.¹¹ Unutar inteligentnih sustava upravljanja prometom razvijaju tehnologije poput, inteligentnih vozila, inteligentnih prometnica, bežične kartice za plaćanje cestarina (ENC), semafori, nadzorne kamere i brojne druge. Samo neki od temeljnih primjera primjene tehnologija inteligentnih sustava upravljanja prometom prikazani su na Slici 1. Inteligentni sustavi upravljanja prometom se mogu podijeliti na temelju tehnologije koja se primjenjuje, tako se razlikuju osnovni sustavi upravljanja, poput:

- navigacije u automobilu,
- sustava upravljanja prometnim signalima,
- prometnih znakova promjenjivih poruka,
- automatskog prepoznavanja registarskih tablica
- kamera za nadzor brzine,
- sigurnosnih CCTV sustava¹².

¹¹ Europska komisija. Intelligent transport systems. https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/intelligent-transport-systems_en (1.08.2023.)

¹² Bošnjak I., Inteligentni transportni sustavi, izvor: <http://www.infotrend.hr/clanak/2008/6/razvoj-inteligentnih-transportnih-sustava-%E2%80%93-its,14,323.html> (16.7.2023.)

Slika 1 Simboličan prikaz usluga inteligentnih sustava upravljanja prometom



Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Intelligent-traffic-management-system-ITMS-18_fig2_353815204 (04.08.2023.)

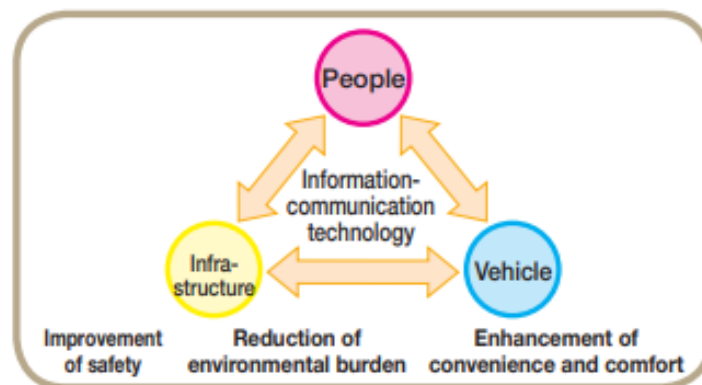
Inteligentni sustavi upravljanja prometom postaju ključni faktori u rješavanju sve većih izazova na globalnoj, ali i lokalnim razinama u prometnom sektoru. Iz tog razloga, Europska Unija je uložila značajne napore u proces implementacije ITS-a, kako bi unutar zemalja članica pronašla najefikasnije i ekonomična rješenja za sve veće probleme u transportu i prometu. U ove procese implementacije uključena su različita tijela Europske Unije, kako bi što kvalitetnije koristili sve mogućnosti različitih oblika inteligentnih sustava unutar svih članica Europske Unije. Tako je direktiva Europske unije 2010/40/ EU, 7. srpnja 2010. godine definirala inteligentni sustav upravljanja prometom kao sustav u kojemu se informacijske i komunikacijske tehnologije primjenjuju u području cestovnog prometa, uključujući infrastrukturu, vozila i korisnike te u upravljanju prometom i upravljanju mobilnošću, kao i za sučelja s drugim načinima prijevoza.¹³

¹³ International Organization for Standardization, op. cit. p. 2.

2.2. ARHITEKTURA INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM

Arhitekturu inteligentnih sustava upravljanja prometom čini sveobuhvatni okvir koji omogućuje planiranje, projektiranje i implementaciju integriranog sustava u određenom razdoblju i na određenom zemljopisnom području¹⁴. Slično navedenoj definiciji Vlada Republike Hrvatske definira arhitekturu inteligentnih sustava za upravljanje prometom kao temeljnu organizaciju sustava koja sadrži ključne komponente, njihove odnose i veze prema okolini te načela njihovog dizajniranja i razvoja promatrajući cijeli životni ciklus sustava.¹⁵ Inteligentni sustavi upravljanja prometom su sustavi koji obuhvaćaju različita područja primjene pa je izuzetno važno uspostaviti jasnu arhitekturu, kako bi se osigurala interoperabilnost i kompatibilnost dijelova sustava¹⁶. Nepostojanje kvalitetno definirane arhitekture sustava može dovesti do teškoća kojima razlog može biti nekompatibilnost komponenti sustava, povećanje troškova ažuriranja te prilagodba novih tehnologija. Tako je na Slici 2 prikazan pojednostavljen prikaz koji opisuje tri osnovna elementa koji čine arhitekturu inteligentnih sustava upravljanja prometom.

Slika 2. Shematski prikaz pojednostavljene strukture inteligentnih sustava upravljanja prometom



Izvor: International Organization for Standardization: ISO 14813-1:2015 Intelligent transport systems Reference model architecture(s) for the ITS sector - Part 1: ITS service domains, service groups and services, Geneva, 2015.

¹⁴ Mandžuka, S., op.cit. p. 3.

¹⁵ Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, Narodne novine Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.

¹⁶ Međunarodna organizacija za normizaciju ISO. ITS Standardization Activities of ISO/TC 204. (2019.)

Arhitektura inteligentnih sustava upravljanja prometom usmjerena je na razmjenu podataka važnih za upravljanje unutar komponenata ovih sustava te s njihovim vanjskim sučeljima koji uključuju same dionike prometa, ali i druge sustave. Ključno je da arhitekture obuhvaćaju ograničenja koja se nalaze na prometnicama te zahtjeve korisnika koji utječu na implementaciju inteligentnih sustava upravljanja prometom.¹⁷

Uzimajući u obzir sadržaj i obvezatnost na se dijeli na tri osnovna tipa arhitekture inteligentnih sustava upravljanja prometom:

1. okvirna,
2. obvezna,
3. servisna.¹⁸

Okvirna arhitektura inteligentnih sustava upravljanja prometom je namijenjena za implementaciju na nacionalnoj razini, stavljajući naglasak na potrebe korisnika. Služi kao temelj za osmišljavanje preostala dva tipa arhitekture. Obavezni tip arhitekture obuhvaća različite perspektive koje uključuju fizičku logičku i komunikacijsku te dodatne rezultate kao što su analiza troškova i koristi te rizika. Njezin je sadržaj jasno definiran što ograničava opcije u pojedinim izvedbama. Posljednji tip arhitekture inteligentnih sustava upravljanja je vrlo sličan obaveznom, ali uključuje usluge. Nadalje je važno istaknuti i logičku i fizičku arhitekturu. Logička arhitektura uključuje procese i međusobno povezane tokove podataka. Dok fizička arhitektura uključuje same fizičke dijelove opreme, što može uključivati tehnologiju za upravljanje i kontrolu prometa, otkrivanje nesreća, elektroničku naplatu cestarine, i još mnogo toga. Logička arhitektura čini temelj za ostvarenje punog potencijala arhitekture inteligentnih sustava upravljanja prometom te ona omogućuje razvoj fizičke arhitekture. Fizička arhitektura uključuje i komunikacijsku koja obuhvaća komunikacijske protokole, standarde i mreže koje omogućuju razmjenu podataka između različitih komponenti inteligentnih sustava upravljanja prometom¹⁹.

¹⁷ World Road Association. <https://mo-its.piarc.org/en/systems-and-standards-its-architecture/what-its-architecture> (01.08.2023.)

¹⁸ Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, 2014, Zagreb, p. 8.

¹⁹ Mandžuka, S., op.cit. p. 3.

2.3. RAZVOJ INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM

Inteligentni sustavi upravljanja prometom značajno su promijenili način na koji sudionici prometa putuju, načine na koji se upravlja prometom te je vidljiv njihov značajan doprinos učinkovitosti prometa. Koncept inteligentnog prijevoza vezan je uz početak 20. stoljeća kada su uvedeni prometni signali i znakovi za regulaciju kretanja vozila. Prometna signalizacija bila je značajna za protok vozila na raskrižjima i smanjenje nesreća te za generalno poboljšanje organizacije prometa, time što su prometni znakovi omogućavali sudionicima prometa prikaz stanja na prometnicama, upute i ograničenja brzine. Prema sredini stoljeća, u urbanim sredinama počinju se javljati i centri za kontrolu prometa. Unutar tih centara rad je bio usmjeren na kontrolu prometnih signala putem mehaničkih prekidača i mjerača vremena. Međutim, 1960-ih modernizacijom i uviđanjem koristi koje nude komunikacijske tehnologije i računala, započinje ključna evolucija inteligentnih sustava upravljanja prometom. Tada su istraživači počeli provoditi prve eksperimente kojim su otkrivali nove načine primjene različitih oblika inteligentnih sustava upravljanja prometom, poput ispitivanja senzora na prometnicama kako bi se omogućio uvid u kretanje vozila²⁰.

Sedamdesetih godina prošlog stoljeća pojavili su se centri za upravljanje prometom koji su omogućili koordinaciju semafora i upravljanje prometom u stvarnom vremenu²¹. Upravo je početak korištenja ove tehnologije značajan za daljnji razvoj inteligentnih sustava upravljanja prometom. Nadalje, tijekom 1980-ih i 1990-ih fokus je stavljen na komunikacijske sustave u odnosu vozila i prometnice. Upravo tijekom ovog razdoblja nastaju i prvi napredni sustavi upravljanja prometom koji uključuju softverske aplikacije, komunikacijske sustave i senzore za praćenje i upravljanje prometom u stvarnom vremenu²². Projekti poput europskog PROMETHEUS-a i američkog IVHS (Intelligent Vehicle Highway Systems) pokrenuli su istraživanje komunikacijskih protokola vozilo-vozilo (V2V) i vozilo-infrastruktura (V2I), koji su postavili osnove za razvitak modernih međusobno povezanih vozila. Projekt IVHS (Intelligent Vehicle Highway Systems) je istraživačka inicijativa na području Sjedinjenih Američkih Država s ciljem implementacije tehnologija za poboljšanje sigurnosti prijevoza te

²⁰ Auer, A., Feese, S., Lockwood, S., Vann Easton, A.: History of Intelligent Transportation Systems 2021. U.S. Department of Transportation, Washington DC, 2021.

²¹ Passos L.S., Rossetti R.J.F.: Intelligent Transportation Systems: a Ubiquitous Perspective, Department of Informatics Engineering, 2009. https://www.researchgate.net/figure/Historical-development-of-transportation-systems_fig1_228653179 (1.08.2023.)

²² Auer, A., Feese, S., Lockwood, S., Vann Easton, A., op.cit. 2.

povećanja učinkovitosti američkih autocesta. NA temelju IVHS-a kreiran je i projekt PROMETHEUS (Program za europski promet s najvećom učinkovitošću i sigurnošću bez presedana) je istraživačka inicijativa usmjerena na razvoj i implementaciju naprednih tehnologija kroz inteligentne sustave upravljanja prometom na području Europe. Ovim projektom nastojalo se povećati sigurnost, smanjiti gužve te poboljšati učinkovitost prometnog sustava na području Europe zbog rastućih potreba korisnika prometnih sustava. Cilj se nastojao postići:

- poboljšanjem razmjene podataka između vozila (V2V): razmjena podataka o pozicijama, brzinama i namjerama vozila,
- poboljšanjem razmjene podataka između vozila i infrastrukture (V2I): implementacija semafora, prometnih znakova i senzora,
- pomoću naprednih sustava pomoći vozačima (ADAS): implementacija tempomata, pomoć pri praćenju cestovnih trakta te sustava za izbjegavanje sudara,
- upravljanjem prometa: implementacija kontrolnih centara za nadzor prometnih uvjeta i kontrolu prometne signalizacije.

Projekt PROMETHEUS je imao značajan utjecaj na razvoj inteligentnih sustava upravljanja prometom te je zbog ovog projekta koncept povezanih vozila koja međusobno komuniciraju postao temeljem modernih sustava upravljanja prometom²³.

Početak 21. stoljeća informacijska tehnologija se počinje primjenjivati unutar transportnih sustava. Razvoj interneta i mobilnih komunikacijskih tehnologija omogućio je ubrzani razvoj navigacijskih sustava i razmjene informacija u stvarnom vremenu koje su bile dostupne svim sudionicima prometa. Upravo je integracija i analiza podataka unutar inteligentnih sustava upravljanja prometom promijenila način na koji službe upravljaju prometom i donose informirane odluke. Analiza velike količine podataka, omogućuje predviđanje obrazaca koji se javljaju u prometu te se time omogućuje donošenje odluka za daljnju optimizaciju prometnica²⁴. Upravo ovi temelji inteligentnih razvojnih sustava postavljeni tijekom prošlog stoljeća omogućili su razvoj složenijih sustava koji se primjenjuju na suvremenim prometnicama.

²³ Prometheus Project. <https://prometheusproject.eu/prometheus-project/> (1.08.2023.)

²⁴ Auer, A., Feese, S., Lockwood, S., Vann Easton, A., op.cit. 2.

Tijekom 21. stoljeća došlo je do brzog razvoja tehnologija koje su se fokusirale na povezivanje vozila. Pojavom pametnih telefona i bežične komunikacije, vozila su postala opremljena sensorima i različitim tehnologijama koje su omogućavale međusobno povezivanje, kako bi se olakšala razmjena podataka između sudionika u prometu, ali i sudionika i same prometne infrastrukture. Pojava autonomnih vozila predstavlja ključan događaj na području inteligentnih sustava upravljanja prometom. Sve značajniji dio prometne industrije, usmjerava se na razvitak vozila koja su djelomično ili u potpunosti autonomna²⁵. Autonomna prijevozna sredstva predstavljaju sljedeću veliku revoluciju unutar inteligentnih sustava upravljanja prometom, time što će ukloniti mogućnost ljudske greške prilikom transporta. Unatoč tome, u ovom stadiju razvoja tehnologije autonomnih vozila javljaju se i značajni izazovi poput načina integracije ovakvih vozila u postojeće prometni sustav te stvaranje novih propisa i zakonske regulacije prilikom korištenja ovakvih vozila što onda zahtjeva i rekonstrukciju postojećih prometnih sustava na globalnoj razini.

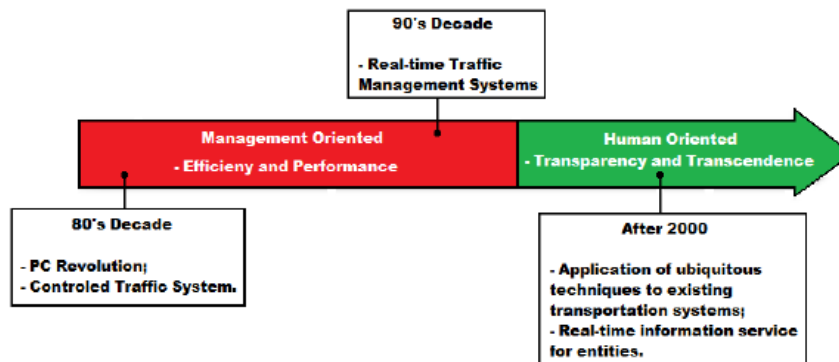
Nadalje, važno je naglasiti kako inteligentni sustavi upravljanja prometom imaju značajnu ulogu u napretku i modernizaciji prometnih sustava, ali svakako primjena ovih sustava donosi i nove izazove. Osim prethodno navedenih problema uvođenja tehnološki naprednih autonomnih vozila, uključuju i probleme kvalitetne razmjene podataka između sudionika u prometu i prometne infrastrukture. Također, s obzirom na to da su modernizirana vozila podatkovno vezana s infrastrukturom, potrebno je osmisliti nove načine osiguranja kibernetičke zaštite, kako bi se smanjila mogućnost krađe podataka, odnosno hakiranja vozila²⁶. Jednako tako, inteligentni sustavi upravljanja prometom, iako imaju povoljan utjecaj na okoliš time što omogućavaju smanjenje emisija štetnih plinova, kako bi funkcionirali koriste značajnu količinu energije. Ovaj problem bi daljnjim uvođenjem različitih oblika inteligentnih sustava upravljanja prometom mogao povećati postojeće socioekonomske razlike u prijevozu. U prikazu ispod vidljiv je pravac razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom kroz povijest, dijeleći dosadašnji razvojni period na dvije temeljne orijentacije, početna usmjerena na upravljanje (management) te orijentiranost na samog čovjeka, odnosno sudionike prometnih sustava, koji i čine jedan od temeljnih dijelova arhitekture inteligentnih prometnih sustava (*Slika 3*). Važno je reći kako period razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom usmjeren na čovjeka, još uvijek traje te se inteligentni sustavi nastavljaju razvijati ovisno o tehnološkom napretku,

²⁵ Ibidem.

²⁶ Ibidem.

ljudskim potrebama, ekologiji i brojnim drugim uvjetima i izazovima na koje ovi sustavi odgovaraju novim rješenjima.

Slika 3 Prikaz razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom



Izvor: Passos L.S., Rossetti R.J.F.: Intelligent Transportation Systems: a Ubiquitous Perspective, *Department of Informatics Engineering*, 2009. https://www.researchgate.net/figure/Historical-development-of-transportation-systems_fig1_228653179 (1.08.2023.)

3. PRIMJENA INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM

Inteligentni sustavi upravljanja prometom predstavljaju revoluciju u prometnom sektoru implementirajući najsuvremenije tehnologije i postojeću prometnu infrastrukturu. Zbog sve većeg broja stanovnika, urbanizacije i klimatskih promjena inteligentni sustavi upravljanja prometom predstavljaju jedno od rješenja postojećih problema, a i promjenu mobilnosti i transporta u budućnosti. Primjena inteligentnih sustava za upravljanje prometom ukazuje na eksponencijalni rast koji je potaknut napretkom informacijske tehnologije, ali i razvojem umjetne inteligencije. Uključujući primjerice, nadzor i kontrolu prometa u stvarnom vremenu te autonomna vozila i inteligentnu prometnu infrastrukturu, inteligentni sustavi upravljanja prometom pruža veliki broj mogućnosti za povećanje učinkovitosti i sigurnosti prometa.

Upotreba inteligentnih sustava upravljanja prometom ima ključnu ulogu u preoblikovanju načina na koji se krećemo svijetom, potičući budućnost u kojoj prijevoz nije samo sredstvo za dolazak s jedne točke na drugu, već ugodno iskustvo kojim se povezuju pojedinci, zajednice i nacije. Sagledavajući sadašnji položaj i predviđajući potencijale, moguće je uvidjeti kako inteligentni sustavi upravljanja prometom predstavljaju ključni korak prema pametnijoj, održivoj i povezanoj budućnosti prijevoza.

Implementacija inteligentnih sustava upravljanja prometom ima značajnu korist koja se može analizirati i kategorizirati na²⁷:

- Sigurnost: ključna uloga u poboljšanju sigurnosti prometa, smanjenju nesreća i smanjenju utjecaja razolikih incidenata na sudionike prometa
- Učinkovitost: uloga u optimizaciji protoka prometa, tako što se smanjuju gužve, kašnjenja i vrijeme putovanja
- Produktivnost i smanjenje troškova: uloga u poboljšanju produktivnosti i povećanju ekonomske isplativosti primjenom tehnologija unutar inteligentnih sustava upravljanja prometom
- Očuvanje okoliša: uloga u doprinosu održivosti okoliša smanjenjem onečišćenja i emisije štetnih plinova

²⁷ Mandžuka, S., op. cit. p.6.

Analizom ovih temeljnih područja doprinosa inteligentnih sustava upravljanja prometom, kreatori politika mogu dobiti uvid u značaj implementacije ovih sustava u prometni sektor, te donošenjem novih zakona i politika mogu oblikovati budućnost prometnog sektora²⁸.

Postoji mnogo podjela domena unutar kojih se primjenjuju različiti oblici inteligentnih sustava upravljanja prometom. Na međunarodnoj razini prihvaćena je podjela Međunarodne organizacije za normizaciju ISO koja definira jedanaest domena inteligentnog sustava upravljanja prometom²⁹:

1. Informiranje putnika
2. Upravljanje prometom i operacijama
3. Vozila
4. Prijevoz tereta
5. Javni prijevoz
6. Hitne služne
7. Elektronička plaćanja vezana uz transport
8. Sigurnost osoba u cestovnom prijevozu
9. Nadzor vremenskih uvjeta i okoliša
10. Upravljanje odzivom na velike nesreće
11. Nacionalna sigurnost

Unutar ovih domena moguće je razlikovati 32 usluge inteligentnih sustava upravljanja prometom³⁰:

1. informiranje prije početka putovanja (Pre-trip Information)
2. informiranje vozača tijekom putovanja (On-trip Driver Information)
3. informiranje tijekom putovanja u javnom prijevozu (On-trip Public Transport Information)
4. osobne usluge informiranja (Personal Information Services)
5. vodič po ruti i navigacija (Route Guidance and Navigation)
6. podrška planiranju prijevoza (Transport Planning Support)
7. kontrola prometnog toka (Traffic Control)

²⁸ Ibidem.

²⁹ Bošnjak I., op cit.

³⁰ International Organization for Standardization: ISO 14813-1:2015 Intelligent transport systems - Reference model architecture(s) for the ITS sector - Part 1: ITS service domains, service groups and services, Geneva, 2015

8. upravljanje incidentima (Incident Management)
9. upravljanje potražnjom (Demand Management)
10. nadzor nad kršenjem prometnih pravila (Policing/Enforcing Traffic Regulations)
11. upravljanje održavanjem infrastrukture (Infrastructure Maintenance Management)
12. poboljšanje vidljivosti (Vision Enhancement)
13. automatizirane operacije vozila (Automated Vehicle Operation)
14. izbjegavanje čelnih sudara (Longitudinal Collision Avoidance)
15. izbjegavanje bočnih sudara (Lateral Collision Avoidance)
16. sigurnosna pripravnost (Safety Readiness)
17. sprječavanje mogućih sudara (Pre-crash Restraint Deployment)
18. dozvole za komercijalna vozila (Commercial Vehicle Pre-Clearance)
19. administrativne procedure za komercijalna vozila (Commercial Vehicle Administrative Processes)
20. automatski nadzor sigurnosti cesta (Automated Roadside Safety Inspection)
21. sigurnosni nadzor komercijalnog vozila na instrumentnoj ploči (Commercial Vehicle On-board Safety Monitoring)
22. upravljanje komercijalnim voznim parkom (Commercial Fleet Management)
23. upravljanje javnim prijevozom (Public Transport Management)
24. javni prijevoz ovisno o potražnji (Demand-Responsive Public Transport)
25. upravljanje dijeljenim prijevozom (Shared Transport Management)
26. obavijesti u slučaju nužde i zaštita osoba (Emergency Notification and Personal Security)
27. upravljanje vozilima hitnih službi (Emergency Vehicle Management)
28. obavještanje o opasnim teretima (Hazardous Materials and Incident Information)
29. elektroničke financijske transakcije (Electronic Financial Transactions)
30. sigurnost u javnom prijevozu (Public Travel Security)
31. povećanje sigurnosti ugroženih sudionika u prometu (Safety Enhancement for Vulnerable Road Users)
32. inteligentna čvorišta i dionice (Intelligent Junctions and Links)

Navedene 32 usluge koje pruža inteligentni sustav upravljanja prometom su međusobno povezane. Također, važno je naglasiti kako se ovo polje i dalje razvija te se usluge koje omogućava inteligentni sustavi upravljanja prometom i dalje nadodaju i povećavaju. Inteligentni sustavi upravljanja prometom nisu vezani isključivo uz cestovni promet pa samim

time razvijaju se i brojni druge domene i usluge koje ovi sustavi omogućavaju u željezničkom, pomorskom i zračnom prometu.

3.1. INFORMIRANJE PUTNIKA POMOĆU INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM

Jedna od ključnih domena inteligentnih sustava za upravljanje prometom je informiranje putnika. Glavni cilj ove domene je poboljšanje kvalitete iskustva putovanja tako što su sudionicima prometa informacije vezane uz prometnice koje su im važne isporučene u stvarnom vremenu. Ove informacije sudionicima prometa omogućavaju donošenje informiranih odluka za nastavak njihovih putovanja. Inteligentni sustav upravljanja prometom koristi različite tehnologije i načine komunikacije kako bi se ključne informacije prenijele sudionicima prometa. Tako se povećava zadovoljstvo samim putovanjem, umanjuje se stres i ujedno povećava učinkovitost putovanja i transporta.

Modernizacijom prometnica i vozila, te generalnim tehnološkim napretkom, javlja se sve veći broj metoda za informiranje sudionika prometa. Važno je naglasiti kako inteligentni sustavi za upravljanje prometom prikupljaju informacije o uvjetima na prometnicama, vremenu putovanja, zatvaranju i radovima na određenim prometnicama, rasporedu javnih prijevoza u stvarnom vremenu. Na temelju informacija koje sudionicima prometa pristižu putem mobilnih aplikacija, SMS poruka, web stranica ili radijskih postaja, oni mogu prilagoditi rutu svog putovanja kako bi bila najefikasnija. Jednako tako, važno je naglasiti kako se informiranje putnika u suvremenom prijevozu sve više temelji na bežičnoj internetskoj povezanosti (Wi-fi), s obzirom na njezinu dostupnost i ekonomičnost³¹. Neke od metoda prijenosa informacija sudionicima prometa su³²:

³¹Papadimitratos, P., De La Fortelle, A., Evensen, K., Brignolo, R., & Cosenza, S.). Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation. IEEE communications magazine, 47(11), 2009., 84-95. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:429045/FULLTEXT01.pdf> (02.08.2023.)

³² Guerrero-Ibáñez, J.; Zeadally, S.; Contreras-Castillo, J. Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems. Sensors 2018, 18, 1212. <https://doi.org/10.3390/s18041212> (01.08.2023.)

- Mobilne aplikacije³³: Putnicima su dostupne mogućnosti praćenja prometa u stvarnom vremenu, organiziranje i planiranje vlastitog putovanja, prijedlozi optimalnih ruta te upozorenja o kašnjenjima prijevoza.
- Znakovi s dinamičkim porukama: Na pojedinim dionicama prometnica implementirani su elektronički znakovi koji prikazuju informacije o prometnim uvjetima u stvarnom vremenu.
- Razglasni sustavi: Na stanicama i terminalima cestovnog, željezničkog, zračnog i pomorskog prijevoza postavljaju se razglasni sustavi kojima se emitiraju obavijesti o rasporedu prijevoza, kašnjenjima, stajalištima prijevoznih sredstava i brojne druge informacije koje putnicima omogućavaju planiranje svog putovanja.
- Ugrađeni zasloni: U vozilima javnog prijevoza opremljena su zaslonima putem kojih se putnicima pružaju informacije o stajalištima, procjenama vremena dolaska, ali i brojnim sličnim informacijama poput vremenske prognoze ili općenitih vijesti.
- SMS i „push“ obavijesti: Sudionicima prometa se putem inteligentnih sustava upravljanja prometom omogućava i opcija primanja SMS poruka ili „push“ (prikaz na zaslonu mobilnog uređaja) obavijesti na mobilnim uređajima koje koriste. Najčešće se objavljuju informacije o kašnjenju, alternativnim rutama te uvjetima na pojedinim dionicama³⁴.

³³ 20. Hadiwardoyo, S.A., Patra, S., Calafate, C.T. et al. An Intelligent Transportation System Application for Smartphones Based on Vehicle Position Advertising and Route Sharing in Vehicular Ad-Hoc Networks. J. Comput. Sci. Technol. 33, 2018, 249–262. <https://doi.org/10.1007/s11390-018-1817-4> (01.08.2023.)

³⁴ Wohllebe, Atilla. Consumer Acceptance of App Push Notifications: Systematic Review on the Influence of Frequency. International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM). 14. 2020. 36-47. https://www.researchgate.net/publication/343658086_Consumer_Acceptance_of_App_Push_Notifications_Systematic_Review_on_the_Influence_of_Frequency (01.08.2023.)

- Interaktivni kiosci: Najveću ulogu imaju za putovanja turista ili putnika koji ne prolaze često određenim prometnim dionicama, te često prikazuju upute i karte za lakše snalaženje i orijentaciju.
- Glasovni pomoćnici: Najčešće u obliku dodatne opreme u vozilima, ugrađene su tehnologije koje glasovno pružaju upute vozačima i ostalim sudionicima prometa o nastavku njihova putovanja. Najčešće su to virtualni pomoćnici koji korisnika navode i usmjeravaju rutu njegova putovanja, ali i pruža glasovne informacije o uvjetima na cestama³⁵.

Ova domena inteligentnih sustava upravljanja prometom ima izuzetno velike koristi, posebice za samog sudionika prometa. Ona omogućava olakšano i kvalitetnije planiranje putovanja, umanjuje stres prije i tijekom putovanja, povećava razinu sigurnosti na prometnicama, poticanje korištenja javnog prijevoza što ima pozitivan ekološki utjecaj povećanje zadovoljstva samih putnika. Informiranje putnika je izuzetno važno jer se usmjerava na samog korisnika te se tako i ostvaruje učinkovita prometna mreža. Sudionicima prometa je omogućen jednostavan pristup informacijama u stvarnom vremenu što omogućava ugodno putovanje.

3.2. UPRAVLJANJE PROMETOM I OPERACIJAMA

Upravljanje prometom i operacijama je ključna komponenta inteligentnih sustava upravljanja prometom usmjerena na kontrolu prometa, ali i poboljšanje protoka prometa, smanjenje gužvi te poboljšanje cjelokupnog prometnog sustava³⁶. Kontrola prometa i operacija označava kontrolu organiziranih aktivnosti: nadzor, praćenje i koordinacija aktivnosti prometne

³⁵ 22. Strohmann, T. , Siemon, D. i Robra-Bissantz, S. Designing Virtual In-vehicle Assistants: Design Guidelines for Creating a Convincing User Experience. 11. 2019, 54-78. 10.17705/1thci.00113. (02.08.2023.)

³⁶ M de Souza, A., Brennand, C., Yokoyama, R., Donato, E., Madeira, E. I Villas, L. International Journal Traffic management systems: A classification, review, challenges, and future perspectives of Distributed Sensor Networks, 13:4, 2017, <https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/1550147716683612> (05.08.2023.)

mreže.³⁷ Ova domena uključuje metode, strategije i tehnologije upravljanja prometom u stvarnom vremenu te donošenje informiranih odluka kako bi se promet odvijao sigurno i bez teškoća. Također, važno je napomenuti i koncept aktivnog upravljanja prometom (ATM-Active Traffic Management) čije se strategije pokazuju isplativijim rješenjem koje se temelje na postojećim kapacitetima prometnica³⁸. Sve češća primjena aktivnog sustava upravljanja prometom omogućava efikasnije putovanje i transport koristeći ugrađivanje zaslona na prometnicama, ali i unutar vozila koji brzo i efikasno privlače pažnju korisnika.³⁹ Ključni elementi ove domene su:

- Optimizacija protoka prometa: Dinamička konfiguracija vremena prometne signalizacije, kontrola i upravljanje cestovnim trakama te reguliranje rampe za ulazak i izlazak vozila.
- Otkrivanje nesreća i daljnje planiranje: Kontinuirano praćenje prometnih uvjeta te otkrivanje nesreća, kvarova ili predmeta na prometnicama, na temelju čega se donose informirane i brze odluke i radnje kako bi se nastale smetnje svele na minimum ili u potpunosti uklonile.
- Razmjena informacija u stvarnom vremenu: Tehnologije poput kamera, senzora i sustava za praćenje vozila također pružaju informacije o stanju na prometnicama u stvarnom vremenu te omogućavaju otkrivanje točaka zagušenja prometa ili mogućim smetnjama.
- Prikupljanje i analiza podataka: primjena različitih metoda i strategija za analizu prikupljenih podataka kako bi se razvile strategije za daljnjim upravljanjem prometa.

³⁷ Paral, J. Identification of operations assets. Battelle Memorial Institute, Ohio, 2005.

[https://ops.fhwa.dot.gov/publications/indent_op_assets/pdf/final_report\(v4\).pdf](https://ops.fhwa.dot.gov/publications/indent_op_assets/pdf/final_report(v4).pdf) (02.08.2023.)

³⁸ Lee, J., Christian, R., Campbell, J., Brown, J., Hoekstra-Atwood, L., Magee, K., Prendez, D. i Schroeder, J. Principles and Guidance for Presenting Active Traffic Management Information to Drivers. *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*. 2021.

https://www.researchgate.net/publication/348695633_Principles_and_Guidance_for_Presenting_Active_Traffic_Management_Information_to_Drivers (02.08.2023.)

³⁹ Ibidem.

- Promjenu ograničenja brzine: Ovisno o trenutačnim uvjetima na prometnicama prilagođavaju se i ograničenja brzine kako bi se povećala sigurnost putovanja i transporta.
- Upravljanje trakama: Na autocestama je omogućeno fleksibilno upravljanje prometom tako što se pomoću inteligentnih sustava upravljanja prometom mogu utjecati na konfiguraciju traka, ali i cijene cestarina, ovisno o potražnji⁴⁰.
- Upravljanje prometom u slučajevima hitnoće: Sustavi upravljanja prometom i operacijama koordiniraju vozila za hitne slučajeve te, kroz prometnu signalizaciju im omogućavaju brže kretanje dajući im prioritet.
- Prioritizacija javnog prijevoza: Kao i s vozilima za hitne slučajeve, inteligentni sustavi upravljanja prometom može vozilima javnog prijevoza dati prioritet kako bi se poboljšala usluga javnog prijevoza.

Ova domena omogućava smanjenje gužvi na prometnicama, povećava sigurnost, umanjuje potrošnju goriva i emisija štetnih plinova, omogućuje prijevozničkim agencijama učinkovito korištenje resursa te poboljšava učinkovitost odgovora na hitne slučajeve. Također, poboljšanjem ovih elemenata prometnog sustava, inteligentni sustavi upravljanja prometom imaju ulogu u poboljšanju iskustva korisnika te optimiziraju prometni sustav u cijelosti⁴¹.

⁴⁰ Federal Highway Administration (US Department of Transportation). "Managed Lanes". Freeway Management Program. 2015.

⁴¹ M. Papageorgiou, M. Ben-Akiva, J. Bottom, P.H.L. Bovy, S.P. Hoogendoorn, N.B. Hounsell, A. Kotsialos, M. McDonald, Chapter 11 ITS and Traffic Management, Handbooks in Operations Research and Management Science, Elsevier, Volume 14, 2007, Pages 715-774,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927050706140116> (04.08.2023.)

3.3. VOZILA UNUTAR INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM

Vozila čine temeljni element inteligentnih sustava upravljanja prometom. Upravo je na vozilima vidljiv velik tehnološki napredak koji je ključan za implementaciju suvremenih inteligentnih sustava upravljanja prometom. Unutar samih vozila integrirane su brojne tehnologije inteligentnih sustava upravljanja koja omogućavaju povećanje sigurnosti i ugodnosti tijekom vožnje. Tako je važno istaknuti „pametna“ vozila koja kontinuirano komuniciraju s prometnom infrastrukturom, ali i međusobno s drugim vozilima. Rezultati dosadašnjih istraživanja pokazuju kako ljudska pogreška čini i do 90% prometnih nesreća, što primjenom „pametnih“ i autonomnih vozila uvelike umanjuje zbog primjene tehnologije koja olakšava upravljanje ili u potpunosti otklanja intervenciju korisnika⁴². Neki od ključnih aspekata vozila koja su dio inteligentnog sustava upravljanja prometom su⁴³:

- Povezana vozila: Vozila koja su opremljena tehnologijama koje omogućuju komunikaciju između vozila, infrastrukturom, a najnovije i s pješacima, kako bi se vožnja odvijala na sigurniji i učinkovitiji način.
- Komunikacija vozilo-vozilo (V2V): Ovaj oblik komunikacije omogućuje razmjenu informacija između vozila o brzini, lokaciji, smjeru i brojnim drugim podacima o stanju vozila. Ova razmjena informacija je važna za sprečavanje sudara, izbjegavanje potencijalnih opasnosti na prometnicama i povećanje sigurnosti.
- Komunikacija vozilo-infrastruktura (V2I): ovaj oblik razmjene podataka unutar inteligentnih sustava upravljanja prometom se prvenstveno odnosi na interakciju vozila i cestovne infrastrukture putem signalizacije, prometnih znakova i senzora.

⁴² Azizur Rahim, Xiangjie Kong, Feng Xia, Zhaolong Ning, Noor Ullah, Jinzhong Wang, Sajal K. Das, Vehicular Social Networks: A survey, Pervasive and Mobile Computing, Volume 43, 2018, 96-113. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574119217300792#preview-section-cited-by> (04.08.2023.)

⁴³ M. Papageorgiou, M. Ben-Akiva, J. Bottom, P.H.L. Bovy, S.P. Hoogendoorn, N.B. Hounsell, A. Kotsialos, M. McDonald, Chapter 11 ITS and Traffic Management, Handbooks in Operations Research and Management Science, Elsevier, Volume 14, 2007, 715-774. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927050706140116> (04.08.2023.)

- Napredni sustavi za pomoć vozačima (ADAS): Unutar ove domene inteligentnih sustava upravljanja prometom, postoji velik broj tehnologija koje se primjenjuju za podizanje kvalitete vožnje, a neki od njih su tempomat, sustav upozorenja o napuštanju trake, automatsko kočenje i senzori za pomoć pri parkiranju. Ovi sustavi koriste kamere, senzore i radare kako bi se povećala kontrola vozača i omogućio bolji nadzor okoline vozila.
- Kooperativni prilagodljiv tempomat (CACC): Ovi sustavi omogućuju komunikaciju između vozila kako bi se održao siguran razmak i jednaka brzina, kako bi vozila mogla voziti u nizu optimizirajući protok prometa.
- Autonomna vozila: Autonomna vozila predstavljaju dosad najveći napredak na području inteligentnih sustava upravljanja prometom. Ključni aspekt ovih vozila je taj što im je omogućen rad bez ljudske intervencije zbog opremljenosti unutarnjim sustavima upravljanja, sensorima, kamerama i novim tehnologijama poput umjetne inteligencije.

Modernizirana vozila unutar inteligentnih sustava upravljanja prometom uvelike pospješuju sigurnost na prometnicama, smanjuju potrošnju goriva i emisiju štetnih plinova, omogućavaju osobama s invaliditetom i drugim oštećenjima pristup i korištenje vozila, a sama postaju važno sredstvo za prikupljanje podataka o uvjetima na prometnicama. Vozila su temeljni element kojim će se nastojati unapređivati prometna infrastruktura budućnosti, koja se temelji na tehnologijama razvijenim kroz inteligentne sustave upravljanja prometom⁴⁴.

⁴⁴ Ibidem.

3.4. ULOGA INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PRIJEVOZOM TERETA

Razvoj inteligentnih sustava upravljanja prometom i prijevoza tereta usko su vezani, prvenstveno kada je u pitanju primjena tehnologija kao odgovor na napretke koji se javljaju u gospodarskim i industrijskim sektorima⁴⁵. Zbog negativnog ekološkog utjecaja te nedovoljno efikasnog procesa prijevoza tereta i dobara, javlja se potreba za dodatnom podrškom i modernizacijom ovog procesa korištenjem tehnologija koje se razvijaju u okviru inteligentnih sustava upravljanja prometom⁴⁶. Domena prijevoza tereta temelji se na prijevozu tereta i dobara iz jedne lokacije u drugu. Ova domena je vezana uz gospodarski sektor time što se olakšava proces razmjene tereta i dobara. Neki od elemenata ove domene su:

- Inteligentno upravljanje teretom: Optimiziranje teretnog prijevoza pomoću podataka o prometnim uvjetima, kako bi se planirale rute i smanjilo vrijeme putovanja.
- Upravljanje voznim parkom: Alati poput GPS-a, praćenje lokacije vozila i tehnologije koja nadzire stanje vozila također su dio inteligentnog sustava upravljanja prometom koji uvelike olakšavaju proces transporta.
- Elektronička razmjena podataka (EDI): Razmjena podataka između dionika u gospodarskom sektoru, odnosno pojedinačnom lancu opskrbe.
- Praćenje tereta: Mogućnost praćenja lokacije tereta od strane dionika opskrbnog lanca.
- Skladištenje: Upravljanje procesom skladištenja, što uključuje komponente poput organizacije skladišnog prostora, ispunjavanje i slanje i primanje narudžbi i slično.

⁴⁵ Crainic, T., Gendreau, M. I Potvin, J. Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 17, Issue 6, 2009, Pages 541-557, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2008.07.002> (03.08.2023.)

⁴⁶ Kadłubek, M.; Thalassinou, E.; Domagała, J.; Grabowska, S.; Saniuk, S. Intelligent Transportation System Applications and Logistics Resources for Logistics Customer Service in Road Freight Transport Enterprises. Energies 2022, 15, 4668. <https://doi.org/10.3390/en15134668> (03.08.2023.)

- Rukovanje teretom: Primjena tehnologija koje potiču automatizaciju transporta i rukovanja s teretom povećavaju efikasnost prijevoza tereta.
- Inteligentno upravljanje kontejnerima: Uporabom tehnologija inteligentnih sustava upravljanja prometom omogućava i pojednostavljuje praćenje kontejnera i njihov transport te omogućavaju nadgledavanje uvjeta unutar kontejnera pomoću senzora.

Inteligentni sustavi upravljanja prometom omogućavaju optimizaciju gospodarskog sektora u vidu poboljšanja kvalitete transporta tereta te poboljšanjem prometnog sektora. Tako istraživanja pokazuju kako primjena tehnologija inteligentnih sustava ima pozitivne efekte na području prijevoza tereta:

- smanjenje vremena vožnje i potrošnje energije za 40–70%;
- smanjenje emisije ispušnih plinova za 30-50%
- smanjenje troškova upravljanja cestovnim voznim parkom;
- povećanje sigurnosti na cestama, broj sudara i nesreća samnjen za 40 do čak 80%.⁴⁷

Primjena ovih sustava u procesu prijevoza tereta smanjuje negativna utjecaj na okoliš te se povećava zadovoljstvo krajnjeg korisnika.

3.5. INTELIGENTNI SUSTAVI UPRAVLJANJA JAVNIM PRIJEVOZOM

Poticanje ljudi na korištenje javnog prijevoza važno je za smanjenje gužvi u gradskom prometu. Inteligentni sustavi upravljanja prometom imaju važnu ulogu u poboljšanju efikasnosti ovog sustava. Tehnologije inteligentnog sustava upravljanja prometom primijenjene na sustavu javnog prijevoza mogu pružiti korisne podatke operaterima sustava i korisnicima te povećati razinu korištenja i optimizirati isplativost sustava javnog prijevoza s povećanjem

⁴⁷ Ibidem.

brojem putnika⁴⁸. Neke od usluga koje inteligentni sustavi upravljanja prometom unutar sustava javnog prijevoza:

- napredni sustav javnog prijevoza: Ovi modernizirani sustavi uključuju prijenos podataka korisnicima u stvarnom vremenu o rutama, rasporedu te mogućim promjenama u javnom prijevozu. Jednako tako, ovi sustavi mogu uključivati uređaje za naplatu karata, primjenu mobilnih aplikacija, zaslone unutar vozila javnog prijevoza, posebnu signalizaciju za vozila javnog prijevoza i brojne druge.

- praćenje voznog parka: korištenje GPS sustava te AVL sustava (automatizirano lociranje vozila) za lociranje pojedinih vozila javnog prijevoza. Ovi podaci se dijele i s korisnicima kako bi mogli planirati vlastito putovanje.

- napredni sustavi dispečinga: sustav za dispečing i podršku u odlučivanju koji koristi osobna računala kao sučelje za primanje korisničkih upita i pružanje odgovora o rasporedu javnog prijevoza, potencijalnim kašnjenjima, vremenu putovanja i brojnih drugih⁴⁹.

- zajednički transport (Shared Transport): Usluge zajedničkog transporta pružaju korisnicima kratkoročni pristup vozilu kada je to potrebno. Te usluge uključuju dijeljenje automobila (kratkotrajni pristup vozilu) dijeljenje javnih bicikala (pristup zajedničkom voznom parku bicikala na kratkoročnoj osnovi) dijeljenje vožnje (npr. Zajedničko korištenje vozila) i usluge iznajmljivanja vozila (usluge koje se mogu ostvariti kada se potrebe vozača jednake na kraćim dionicama, često putem mobilnih „aplikacija“, kao što su Lyft i Uber.⁵⁰

Jedan od primjera učinkovite primjene tehnologija inteligentnih sustava upravljanja prometom unutar sustava javnog prijevoza je algoritam dinamičkog rasporeda (LSTM-Long Short Term Memory) koji omogućuje optimizirano putovanje u složenom prometnom sustavu. Ovaj sustav se koristi za predviđanje velikih zahtjeva za vozilima, kako bi se učinkovito koristio sustav javnog prijevoza. Rezultati primjene ovog oblika tehnologije pokazuju veću učinkovitost od postojećih metoda upravljanja i kontrole rasporeda javnog prijevoza te je dokazano da se primjenom ovog algoritma povećava korištenje javnog prijevoza za 87%, a korištenje taksija i

⁴⁸ Lee, K.-T., Lin, D.-J., & Wu, P.-J. Planning and Design of a Taxipooling Dispatching System. *Transportation Research Record*, 1903(1), 2005,86–95. <https://doi.org/10.1177/0361198105190300110> (03.08.2023.)

⁴⁹ Bhupendra Singh; Ankit Gupta: Recent trends in intelligent transportation systems: a review *Research Directory, J. Transp. Lit.* 9 (2), 2015. <https://doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v9n2a6> (03.08.2023.)

⁵⁰ Shaheen, S., & Finson, R. (2013). *Intelligent Transportation Systems*. UC Berkeley: Transportation Sustainability Research Center. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/3hh2t4f9> (04. 08.2023.)

vlastitih vozila drastično smanjuje⁵¹. Ovaj i brojni drugi primjeri implementiranja tehnologija inteligentnih sustava upravljanja prometom ukazuju na poboljšanje sustava javnog prijevoza na globalnoj razini.

3.6. ULOGA INTELIGENIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM U SLUČAJU PRUŽANJA HITNE POMOĆI

Povećanje broja vozila, posebice u urbanim područjima uzrokuje zagušenje prometnica, što uzrokuje probleme vremenu reagiranja i pružanja pomoći od strane hitnih službi. Ovi izazovi direktno utječu na ljudske živote i zagušenja u prometu mogu biti razlog velikih gubitaka. Zato se javlja potreba za optimizacijom procesa pružanja pomoći, koji je moguće poboljšati implementacijom tehnologija koje pružaju inteligentni sustavi upravljanja prometom⁵². Inteligentni sustavi upravljanja prometom imaju veliki značaj time što primjenom različitih tehnologija olakšavaju komunikaciju između različitih hitnih službi, kontroli ruta za prolazak ovih vozila i slično. Uslugama koje inteligentni sustavi upravljanja prometom poboljšavaju učinkovitost reakcija hitni službi. Neke od usluga koje ovi sustavi omogućavaju su:

- automatska provjera nezgode: Usluga pomoću koje je moguće otkriti potencijalne incidente i nesreće na prometnicama, primjenom senzora i kamera na prometnicama, pomoću kojih se direktno i pravovremeno obavještavaju službe za pružanje hitne pomoći
- automatska obavijest u slučaju nezgode: Slanje obavijesti nadležnim tijelima u slučaju hitnih situacija, koristeći različite komunikacijske kanale te razmjena podataka s ostalim sudionicima prometa.

⁵¹ Rajkumar, SC, Deborah, LJ. An improved public transportation system for effective usage of vehicles in intelligent transportation system. Int J Commun Syst. 2021; 34:e4910. <https://doi.org/10.1002/dac.4910> (04. 08.2023.)

⁵² Partha Sarathi Chakraborty, Arti Tiwari, Pranshu Raj Sinha, Adaptive and Optimized Emergency Vehicle Dispatching Algorithm for Intelligent Traffic Management System, Procedia Computer Science, Volume 57, 2015, Pages 1384-1393, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915019833> (04. 08.2023.)

- koordinirano upravljanje vozilima žurnih službi: Usluga inteligentnih sustava upravljanja prometom koja se temelji na komunikaciji između vozila hitnih pomoći, policijskih vozila i vatrogasnih vozila te kontroli prometne signalizacije ovisno o potrebi vozila hitne pomoći kako bi se smanjilo vrijeme reagiranja, omogućilo usklađeno planiranje odgovora na hitne pozive te osiguralo kretanje ovih vozila na određenim prometnim dionicima.

Kao primjer primjene usluga inteligentnih sustava upravljanja prometom je sustav HALI koji se koristi u dijelu finskih regija. Ovaj sustav koristi satelitsku navigaciju i bežičnu komunikaciju te tehnologiju unutar vozila koja uključuje GPS, antenu i upravljačku ploču, kako bi kontrolirao sustavom signalizacije. Ovaj softverski sustav omogućuje vozilima hitne pomoći razmjenu podataka o lokaciji vozila s centralnim softverom koji onda upravlja signalizacijom na pojedinoj prometnoj dionici. Cilj je ukloniti vozila koja čekaju na semaforima prije dolaska vozila hitnih službi kako bi se povećala sigurnost na prometnicama i povećala učinkovitost reakcija hitnih službi na prometnicama. Očekuje se implementacija ovog softverskog sustava na području cijele Finske⁵³.

3.7. ELEKTRONIČKA PLAĆANJA VEZANA UZ TRANSPORT

Kako bi se optimizirao prometni sustav u domeni javnog prijevoza, gospodarskog prijevoza, autocesta, tunela, mostova, parkinga i brojnih drugih, inteligentni sustavi upravljanja prometom nude uslugu elektroničkog plaćanja. Ova metoda digitalne financijske razmjene je prihvaćena na globalnoj razini, jer su benefiti primjene ove usluge jasno vidljivi, kroz praktičnost, brzinu i financijsku sigurnost koju nudi za korisnike. Neke usluge koje ova domena uključuje su:

- elektronička naplata javnog prijevoza: Inteligentni sustavi upravljanja prometom poboljšavaju fleksibilnost i smanjuju gužve na mjestima gdje se mogu kupiti karte tako što koriste aplikacije i digitalne verzije karata koje najčešće uključuju QR kodove koje se mogu kupiti putem mobilnih uređaja i jednako tako, prikazati i skenirati na početku putovanja⁵⁴.

⁵³ ERTICO – ITS Europe: Intelligent Transport Systems (ITS) and SUMPs – making smarter integrated mobility plans and policies <https://ertico.com/focus-areas/urban-mobility/> (04. 08.2023.)

⁵⁴ Ibidem.

- elektronička naplata cestarine (ENC): Metoda bezkontaktne naplate bez posredovanja blagajnika, a proces naplate cestarine odvija se pomoću ENC-uređaja smještenog na vjetrobranskom staklu vozila i antene na naplatnoj stazi⁵⁵. Ova metoda se temelji na tehnologiji automatske identifikacije vozila (AVI- Automatic Vehicle Identification).
- elektronička naplata parkiranja: Digitalne metode plaćanja usluga parkiranja poput mobilnih aplikacija, online stranica ili beskontaktnim metodama plaćanja. Ova usluga dopušta i odabir trajanja parkiranja, obavijesti o isteku vremena za parking te produžavanje vremena parkiranja vozila putem mobilnih uređaja. Osim što pojednostavljuje proces parkiranja korisniku, pojednostavljuje se i prometna infrastruktura uklanjanjem automata za naplatu.
- daljinska plaćanja: Usluga koja omogućuje plaćanje putem aplikacija i internetskih platformi bez potrebe za fizičkom prisutnošću čime se pojednostavljaju transakcije, smanjuje korištenje gotovinskog plaćanja.

Naplata prijevoza na određenim prometnim dionicama je usmjerena na smanjenje zagušenja prometa, smanjenje utjecaja štetnih plinova, poboljšanje učinkovitosti prometne infrastrukture, nadoknaditi troškove izgradnje pojedinih dijelova prometnica poput, cesta, mostova, tunela i drugih te na ispunjavanje ekonomskog načela da korisnik prometnice ili u ekološkom aspektu „onečišćivač“ plaća za uslugu koju koristi. Trenutačno, elektronička naplata zahtjeva da korisnik određene prometne dionice se nalazi na samom kraju područja koje se naplaćuje. Tako postoje tri prihvaćene metode naplate cestarine koje se koriste na globalnoj razini:

1. Ugrađeni mikrovalni transponder koji snima prolazak vozila kod senzora uz cestu i generira bežično plaćanje (veliki dio Francuske, Singapur, Florida itd.)

⁵⁵ Hrvatske autoceste. <https://www.hac.hr/hr/cestarina/enc> (04. 08.2023.)

2. Postavljanje jedinice u vozilu koja koristi GPS lokaciju i digitalne karte za iscertavanje putovanja, zatim se usklađuje s troškovima naplate cestarina i stvara se korisnički račun kojim se podmiruju troškovi (njemački sustav naknada za kamione)
3. Korištenje kamere za prepoznavanje registarske pločice kao bi se pratilo kretanje vozila unutar i van područja koja se naplaćuju kako bi se stvorio korisnički račun putem kojeg se podmiruju troškovi cestarine (London)⁵⁶

Važno je istaknuti kako Hrvatske autoceste također započinju s uvođenjem novog sustava elektroničke naplate cestarina u 2023. godini. Novi sustav naplate cestarine temelji se na slobodnom protoku vozila u više voznih trakova (multi lane free flow – MLFF) s kombinacijom DSRC-a (namjenska kratkodometna komunikacija, frekvencija 5,8 GHz – ENC) i ALPR-a (automatsko prepoznavanje registarskih pločica kamerama) (*Slika 4*). Novi planirani sustav slobodnog protoka vozila uključuje dva oblika suvremene tehnologije, koju korisnici mogu odabirati na temelju vlastitih potreba⁵⁷:

- Naplata putem modernije verzije uređaja ugrađenog u vozilo (ENC)
- Naplata putem automatskog sustava očitavanja registarskih oznaka

Nadzor korisnika registriranih u novom sustavu naplate obavlja se putem mobilnih jedinica opremljenih antenom, kamerama i računalom za detekciju i zaustavljanje prekršitelja. Svim potrebnim informacijama upravlja središnji sustav, koji omogućuje prikupljanje i razmjenu informacija u stvarnom vremenu na svim dionicama hrvatskih autocesta. Arhitekturu novih sustava elektroničke naplate cestarina čini središnji sustav koji upravlja i koordinira ostale elementa koji uključuju:

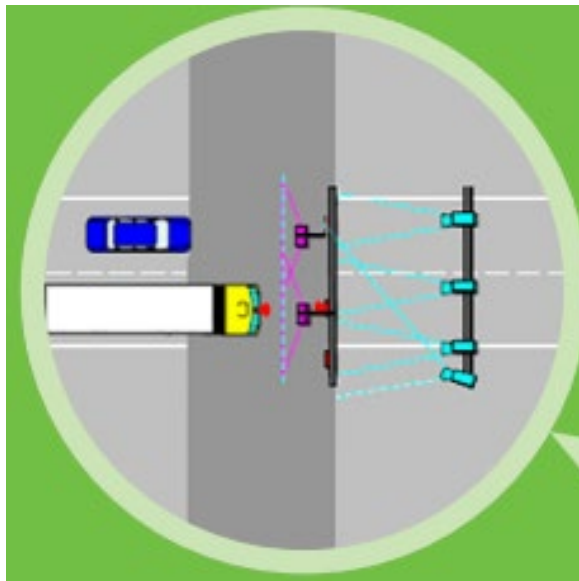
1. Operativni sustav
2. Naplatnu postaju
3. Mobilne jedinice
4. Staze za brzu registraciju
5. ENC uređaj
6. Prodajni ured

⁵⁶ ERTICO – ITS Europe. op cit.

⁵⁷ Hrvatske autoceste. Novi sustav elektroničke naplate cestarine na autocestama u Republici Hrvatskoj. https://www.hac.hr/files/shares/Brosura_novi%20sustav%20naplate%20cestarine%20u%20RH_F.pdf (01.09.2023).

Na temelju rezultata iz drugih zemalja koje su implementirale ovaj sustav naplate cestarina ukazuje se kako je primjena ovih sustava optimizirala: slobodni protok vozila (free-flow), zaustavljanja prilikom naplate, smanjenje štetnih emisija uzrokovanih, zastojsima i kolonama, smanjenje operativnih troškova zbog eliminacije ručnog naplaćivanja cestarine, kraće vrijeme putovanja, smanjenu potrošnju goriva, fleksibilnost u definiranju tarifnih modela cestarine, digitalizaciju cjelokupnog sustava naplate cestarine, dostupan i jednostavan sustav za upotrebu (user friendly)⁵⁸.

Slika 4 Prikaz arhitekture DSRC & ALPR elektroničkog sustava naplate cestarine



Izvor: Hrvatske autoceste. Novi sustav naplate cestarine.

<https://www.hac.hr/files/shares/1.%20Odnosi%20s%20javnoscu/publikacije/Novi%20sustav%20naplate%20cestarine.pdf> (01.09.2023).

Elektronička naplata karata i cestarine ima brojne prednosti poput, smanjenja troškova pri korištenju gotovinskog plaćanja, smanjenje mogućih prijevara i lakšeg praćenja financijske razmjene, povećanje poslovanja, veće fleksibilnosti pri određivanju cijena karata. Unatoč tome, primjena usluge elektroničke naplate zahtjeva jasnu organizaciju i kontrolu naplate pa brojne prijevozne agencije koriste različite softverske sustave kako bi nadzirali sve financijske razmjene. Osnova za unapređenje ovih sustava naplate je taj da oni omogućavaju fleksibilnost

⁵⁸ Hrvatske autoceste. Novi sustav naplate cestarine.

<https://www.hac.hr/files/shares/1.%20Odnosi%20s%20javnoscu/publikacije/Novi%20sustav%20naplate%20cestarine.pdf> (01.09.2023).

pri nadogradnji i modernizaciji elektroničke naplate karti i cestarine kako bi ostvarili prikupljanje podataka koje mogu koristiti i drugi sektori⁵⁹.

3.8. SIGURNOST OSOBA U CESTOVNOM PRIJEVOZU

Osobna sigurnost u cestovnom prijevozu se može poboljšati primjenom tehnologija inteligentnog sustava upravljanja prometom primjenom različitih tehnologija. Prometne nesreće su jedan od glavnih uzroka smrti u industrijskim zemljama. Brojni inteligentni sustavi upravljanja prometom mogu pridonijeti mogućem rješenju. Ti sustavi uključuje napredne sustave pomoći vozaču. Omogućena je pomoć vozačima za održavanje sigurne brzine i razmaka , vožnju unutar trake, izbjegavanje pretjecanja u kritičnim situacijama i sigurnu vožnju na raskrižjima u sve složenijem prometnom okruženju⁶⁰. Ova domena inteligentnih sustava upravljanja prometom pridonosi smanjenju broja nesreća , ozljeda i smrtnih slučajeva na prometnicama.

U području sigurnost u cestovnom transportu definirano je više usluga:

- nadzor i zaštita u vozilima javnog prijevoza, kolodvorima i slično: Strategije koje obuhvaćaju nadzor korisnika i prijevoza, sustave za komunikaciju u slučaju incidenata i hitnih slučajeva, planove bijega, analizu podataka dobivenih kamerama, identifikaciju na bazi biometrijskih obilježja, komunikacijski sustav s tijelima nadležnim za sigurnost te komunikaciju s korisnicima javnog prijevoza putem mobilnih uređaja i interaktivnih zaslona.
- sustav nadzora pješaka: Upozoravaju vozače na prisutnost pješaka kako bi povećali sigurnost pješaka, posebice u područjima na kojima se nalazi veliki broj pješaka.

⁵⁹ Ibidem.

⁶⁰ Europska komisija. Intelligent transport systems. https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/intelligent-transport-systems_en (1.08.2023.)

- sustav upozorenja o radovima na cesti: Povećanje sigurnosti za vozače i radnike na prometnicama tijekom radova za održavanje prometnica, primjenjujući metode elektroničke signalizacije, obavijesti na aplikacija na mobilnim uređajima, GPS sustava, geolociranja (Geo-Fencing) i brojnih dugih.

Istraživanja o sigurnosnim učincima inteligentnih sustava upravljanja prometom pokazuju veliki potencijal. Očekuje se da će elektronička kontrola stabilnosti (ESC) spriječiti daleko najviše smrtnih slučajeva i ozljeda: oko 3000 smrtnih slučajeva (-14%) i oko 50 000 ozljeda (-6%) godišnje. Sustavi poput Speed Alert-a (s aktivnom papučicom gasa) (-5%), eCall-a (-4%) i Lane Keeping Support-a (-3%) također imaju značajan učinak na smrtne slučajeve. Također, ovi sustavi također imaju potencijal za smanjenje zagušenja, jer je oko 15% svih zagušenja u Europi prvenstveno uzrokovano nesrećama⁶¹. Europska komisija navodi niz sustava za očuvanje osobne sigurnosti na prometnicama:

- Elektronička kontrola stabilnosti (ESC),
- Inteligentna prilagodba brzine (ISA),
- Sustav za izbjegavanje sudara (CAS),
- bočna kontrola/podrška,
- otkrivanje mrtvog kuta,
- izbjegavanje bočnog sudara,
- nadzor vozača,
- Adaptivni tempomat (ACC),
- vođenje rute i navigacija,
- poboljšanje vidljivosti,
- Sustav protiv blokiranja kotača (ABS),
- dopuštena količina alkohola u krvi,
- podsjetnici za sigurnosni pojas,
- sustavi nakon sudara (crna kutija i eCall)⁶².

⁶¹ Ibidem.

⁶² Ibidem.

3.9. NADZOR VREMENSKIH UVJETA I OKOLIŠA

Vremenski uvjeti i okoliš imaju izuzetno važnu ulogu u funkcioniranju prometnog sektora. Vremenski uvjeti utječu na sigurnost i učinkovitost prometa. Kako bi se kontinuirano pratili vremenski uvjeti u stvarnom vremenu koriste se usluge inteligentnih sustava upravljanja prometom. Sustavi koji nadziru vremenske uvjete na prometnicama moraju omogućiti brzu razmjenu informacija i donošenje informiranih i brzih odluka kojima će se kontrolirati promet. U domeni nadzora vremenskih uvjeta i okoliša neke od usluga su:

- nadzor vremenskih prilika na cestama: Prikupljanje i distribucija podataka korisnicima koji uključuju: temperaturu, relativnu vlažnost zraka i temperaturu rosišta; brzinu vjetra i smjer; tlak zraka, količinu, intenzitet i vrstu padalina, vidljivost, stanje kolnika, zaostalu sol, temperaturu točke ledišta i slično⁶³.
- nadzor onečišćenja: Prikupljanje i distribucija podataka korisnicima koji uključuju: praćenje emisija štetnih plinova, optimiziranje protoka prometa, promicanje ekonomične vožnje, poticanje korištenja javnog prijevoza i električnih vozila.⁶⁴
- nadzor razine vode ili leda: Senzori za praćenje razine vode, kao i praćenje stanja leda na prometnicama tijekom zimskih mjeseci.

Inteligentni sustavi upravljanja prometom uključuju sisteme koji prikupljaju podatke o vremenskim uvjetima na cestama i omogućavaju razmjenu tih podataka s drugim službama i sektorima te samim korisnicima. Tako primjerice, senzori na prometnicama, ali i u samim vozilima omogućavaju promjenu ograničenja maksimalne brzine na cesti prateći atmosferske promjene, poput kiše i snijega (*Slika 5*). Nadalje, na temelju prikupljenih podataka, prema potrebi donose se odluke i mobiliziraju se službe za održavanje prometnica⁶⁵. Osim toga, senzori omogućavaju praćenje temperatura tla te onda prikupljene informacije prenose korisnicima, koji onda poduzeti potrebne mjere opreza u slučajevima mokrih kolnika te leda

⁶³ Mandžuka, S., op. cit. 2.

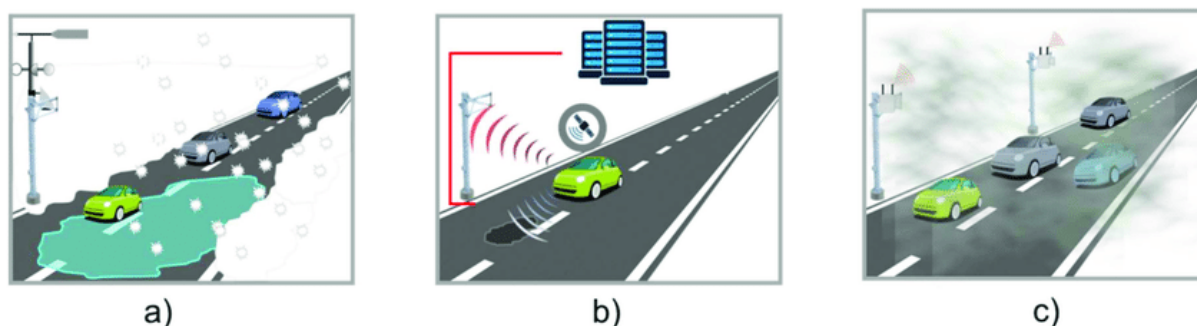
⁶⁴ ERTICO, op. cit.

⁶⁵ Mandžuka, S., op. cit. 2

ili mraza na cesti⁶⁶. Tako inteligentni sustavi upravljanja prometom utječu na sigurnost na prometnicama te poboljšavaju učinkovitost prometovanja na određenim dionicama.

Primjer usluge koja je usmjerena na očuvanje okoliša je Green Light Optimum Speed Advisory (GLOSA), koji omogućava vozačima tijekom vožnje primaju obavijesti o optimalnoj brzini tijekom približavanja raskrižju sa semaforima, kako bi se izbjeglo čekanje na crvenom svjetlu, čime se smanjuje potrošnja goriva i emisije štetnih plinova⁶⁷.

Slika 5 Prikaz uporabe senzora za prikupljanje podataka o vremenu



1. Izvor: Mandžuka, S. Microsoft PowerPoint – predavanje 1. http://e-student.fpz.hr/Predmeti/I/Inteligentni_transportni_sustavi_I/Materijali/Predavanje_1.pdf (15. 07. 2023.)

3.10. UPRAVLJANJE ODAZIVOM NA VELIKE NESREĆE

Zbog sve veće urbanizacije na globalnoj razini, raste i transport i mobilnost te potreba da su ovi procesi što kvalitetniji i sigurniji za sve sudionike prometa. Planiranjem i strukturiranjem urbanističkih područja i modernih prometnica moraju se zadovoljiti brojni zahtjevi koje je potrebno uskladiti s brojnim ograničenjima. Povećanje mobilnosti i transporta ima negativan utjecaj na okoliš, ljudsko zdravlje, kvalitetu života i sigurnosni aspekti ljudi i šireg društva. Također, ovo povećanje rezultira značajnim povećanjem u cestovnim prometnim nezgodama i štetama i troškovima kojima one rezultiraju⁶⁸. Upravo zato inteligentni sustavi upravljanja

⁶⁶ Guerrero-Ibáñez, J.; Zeadally, S.; Contreras-Castillo, J. Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems. Sensors 2018, 18, 1212. <https://doi.org/10.3390/s18041212> (01.08.2023.)

⁶⁷ ERTICO, op. cit.

⁶⁸ Mandžuka, S., op. cit. 61.

prometom imaju sve značajniju ulogu u upravljanju odaziva na velike nesreće. Ovi sustavi omogućavaju pravovremeno prikupljanje i analizu podataka te dijeljenje istih sa službama koje su zadužene za pružanje pomoći i sanaciju tijekom kriznih situacija. Omogućava se jednostavnija komunikacija između hitnih službi, preusmjeravaju se prometne rute i prema potrebi pojednostavljuje proces evakuacije.

Domena upravljanja odzivom na velike nesreće povezuje usluge i agencije vezane za prirodne nesreće, terorizam itd. Primjeri usluga su:

- upravljanje podacima o velikim nesrećama: Pojednostavljivanje komunikacije između hitnih službi i vlasti, preusmjeravanje prometa od mjesta nesreće i obavještavanje korisnika o korištenju alternativnih ruta. Tako se optimiziraju operacije spašavanja, smanjuju prometna zagušenja i omogućava koordiniran odaziv na velike nesreće.

- koordinacija žurnih službi: Sustavi za prikupljanje i razmjenu podataka o incidentu s hitnim službama. Također, usmjerava vozila hitne pomoći, vatrogasna vozila i policijska vozila kako bi izbjegla zagušena područja, osiguravajući bržu pomoć na mjestu nesreće.

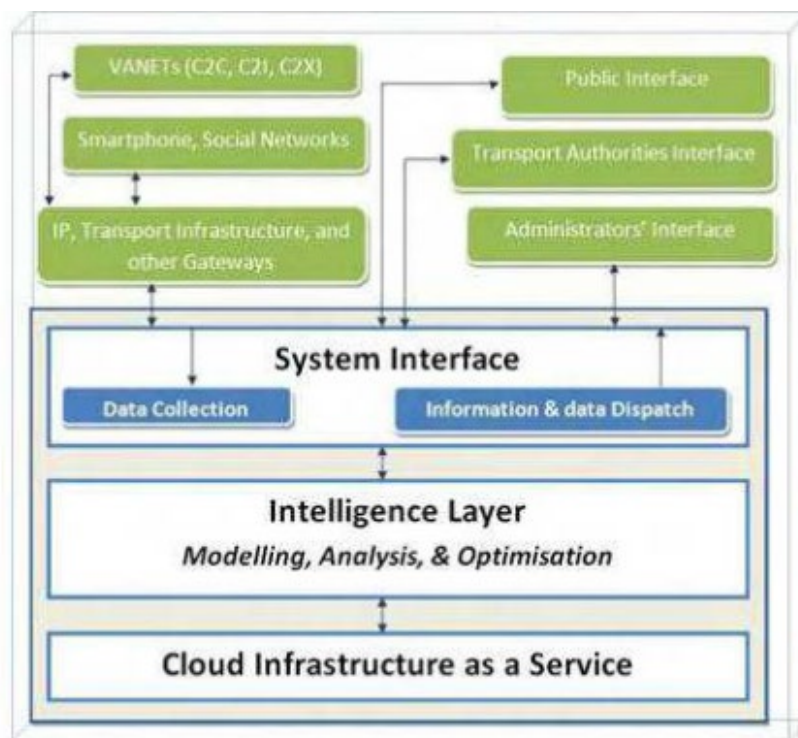
„Incident“ se može definirati kao bilo koji događaj koji uzrokuje smanjenje kapacitet prometnice ili abnormalno povećanje potražnje. Takvi događaji uključuju prometne nesreće, vozila u kvaru, prosuti teret, održavanje i rekonstrukcija autocesta te projekti i posebni događaji koji nisu hitni (primjerice koncerti, utakmice). Ovi događaji najčešće uzrokuju zagušenja prometnica, ali potencijalno mogu izazvati i sekundarne prometne nesreće. Ostali sekundarni učinci incidenata uključuju⁶⁹:

- Povećano vrijeme reakcije policije, vatrogasaca i hitne medicinske pomoći
- Izgubljeno vrijeme i smanjenje produktivnosti prometnice
- Povećani troškovi robe i usluga
- Povećana potrošnja goriva
- Smanjena kvaliteta zraka i drugi štetni utjecaji na okoliš
- Povećani troškovi održavanja vozila
- Smanjena kvaliteta života
- Negativna slika javnih agencija uključenih u upravljanje sanacije incidenata u javnosti.

⁶⁹ Ibidem.

Jedan od primjera sustava za odaziv u slučajevima velikih nesreća koji se temelji na tehnologijama inteligentnih sustava upravljanja prometom je Inteligentni VANET Cloud sustav odaziva na velike nesreće. Ovaj sustav implementiran i ispitivan u Indiji pokazuje značajno poboljšanje u evakuaciji kriznih područja te optimalnom prometnom protoku u hitnim slučajevima. Kao što je prikazano na slici, sustav se sastoji od tri glavne razine. Prva razina infrastrukture u oblaku uključuje osnovna platformu za inteligentni sustav upravljanja velikim nesrećama. Druga razina uključuje potrebne računalne modele i algoritme koji bi planiraju optimalne strategije odgovora na hitne slučajeve obradom podataka. Sučelje sustava prikuplja podatke iz dostupnih izvora, uključujući Internet, prometnu infrastrukturu, poput senzora uz cestu, mobilnih telefona, društvenih mreža i slično (Slika 6)⁷⁰.

Slika 6 Arhitektura sustava za odaziv na velike nesreće



Izvor: Alazawi, Z., Altowajri, S., Mehmood, R., & Abdljabar, M. B. (. Intelligent disaster management system based on cloud-enabled vehicular networks. In 2011 11th International Conference on ITS Telecommunications, 2011, (pp. 361-368). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6060083> (03.08.2023.)

⁷⁰ Alazawi, Z., Altowajri, S., Mehmood, R., & Abdljabar, M. B. (. Intelligent disaster management system based on cloud-enabled vehicular networks. In 2011 11th International Conference on ITS Telecommunications, 2011, (pp. 361-368). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6060083> (03.08.2023.)

3.11. NACIONALNA SIGURNOST

Društvena i osobna sigurnost ovisi o nacionalnoj sigurnosti. Nacionalna sigurnost postoji kada svi sustavi važni za društvo funkcioniraju na optimalnoj razini. Jedan od tih sustava je prometni sustav. Prometni sustav koji funkcionira na optimalnoj razini će doprinosti nacionalnoj sigurnosti. Tako, tehnološkim napretkom moguće je unaprijediti prometni sektor upravo implementacijom inteligentnih sustava za upravljanje prometom koji pridonose nacionalnoj sigurnosti omogućavajući kvalitetniji nadzor prometnih mreža, prikupljanje i razmjenu podataka o potencijalnim sigurnosnim prijetnjama ili incidentima s odgovornim tijelima⁷¹. U području inteligentnih sustava upravljanja prometom, pod nazivom nacionalna sigurnost, razvijaju se usluge koje omogućuju:

- identifikaciju opasnih vozila: Tehnološki sustavi koji uključuju kamere, senzore i sustave za analiza podataka koji omogućuju prepoznavanje i praćenje registarskih pločica, obilježja te sumnjive obrasce kretanja vozila.
- nadzor kretanja eksploziva: Inteligentni sustavi koji prate i kontroliraju vozila koja prevoze opasan materijal kako bi spriječili neovlašteni pristup ovakvom tipu tereta te održali sigurnost prometnica⁷²
- nadzor cjevovoda, naftovoda: Putem senzornih sustava moguće je nadzirati stanje cjevovoda, naftovoda, plinovoda i sličnih sustava što smanjuje mogućnost pukotina i curenja te osigurava protočnost resursa unutar samih cjevovoda⁷³.

Iako nove tehnologije u nekim aspektima mogu biti štetiti društvu, ako se pravilno koriste, mogu biti izuzetno korisne za očuvanje nacionalne sigurnosti pojedine zemlje. Inteligentni sustavi upravljanja prometom pružaju podršku putem primjenjivih sustava tehnologija koje mogu pridonijeti nacionalnoj sigurnosti uz pravilnu uporabu kako bi se

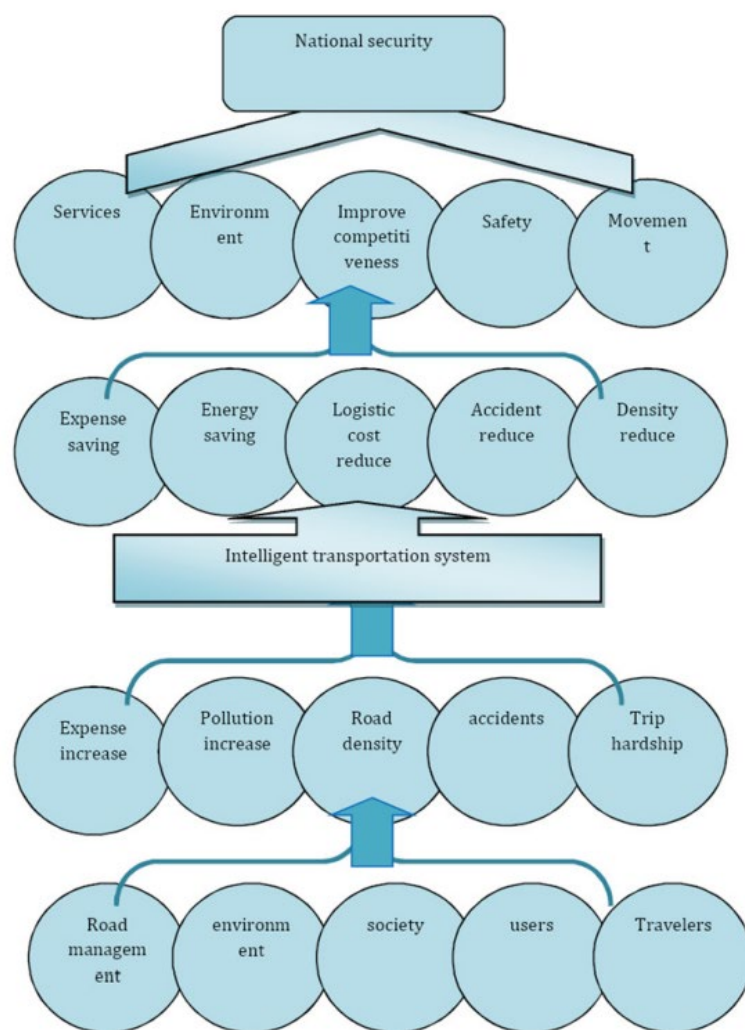
⁷¹ Yeganegi, Kamran, The Position of Intelligent Transportation System in National Security, 2014. WALIA journal 30(S2): 170-175, 2014, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3601977> (03.08.2023.)

⁷² Liming Cai,, Wu Xia, Peng Li, Long Zhang i Jing Liu. An intelligent transportation system for hazardous materials based on the Internet of Things, School of Physics and Information Engineering, 2015, 611-616. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/icitmi-15/25839965> (03.08.2023.)

⁷³ Priyanka, EB, Maheswari, C, Thangavel, S. A smart-integrated IoT module for intelligent transportation in oil industry. Int J Numer Model. 2021; 34:e2731. <https://doi.org/10.1002/jnm.2731> (03.08.2023.)

eliminirale potencijalne prijetnje i napadi, ali i predvidjele određene nacionalne katastrofe.⁷⁴ Na temelju prikaza, vidljivo je kako inteligentni sustavi upravljanja prometom uključuju velik broj elemenata koji su ključni za očuvanje nacionalne sigurnosti (Slika 7). Upravo primjena inteligentnih sustava upravljanja prometom omogućava optimalno upravljanje i koordinaciju svih potrebnih elemenata i sustava važnih u kontekstu nacionalne sigurnosti.

Slika 7 Konceptualni model utjecaja inteligentnih transportnih sustava na nacionalnu sigurnost



Izvor: Yeganegi, K. The position of intelligent transportation system in national security, WALIA journal 30(S2): 170-175, 2014. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3601977 (03.08.2023.)

⁷⁴ Yeganegi, K. The position of intelligent transportation system in national security, WALIA journal 30(S2): 170-175, 2014. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3601977 (03.08.2023.)

Prema konceptualnom modelu utjecaja inteligentnih transportnih sustava na nacionalnu sigurnost, vidljivo je kako smanjenje broja nesreća, sudara, smanjenje logističkih troškova, izdataka i ušteda energije predstavljaju glavna postignuća inteligentnih sustava upravljanja prometom u kontekstu nacionalne sigurnosti. Ovi sustavi omogućuju značajno poboljšanje u svim važnim aspektima koji čine sustav nacionalne sigurnosti⁷⁵.

⁷⁵ Yeganegi, K. The position of intelligent transportation system in national security, WALIA journal 30(S2): 170-175, 2014. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3601977 (03.08.2023.)

4. INTELIGENTNI SUSTAVI UPRAVLJANJA PROMETOM NA PODRUČJU HRVATSKE

U Hrvatskoj, tijekom 1980-ih i 1990-ih, područje cestovne telematike bilo je jasno definirano zahvaljujući institucijama Fakulteta elektrotehnike i računarstva (danas Fakultet elektrotehnike i računarstva), Fakulteta prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu i Fakulteta elektrotehnike i računarstva. Poduzeća „Nikole Tesle“ i drugih. S obzirom na to da je cestovna telematika predstavljala osnovu za razvoj inteligentnih sustava upravljanja prometom, već krajem 1990-ih, skupina stručnjaka prometnih znanosti osnovala je Istraživački centar inteligentnih sustava upravljanja prometom, kao preteču Instituta za inteligentne sustave upravljanja prometom na Fakultetu prometnih znanosti u Zagrebu. To je označilo početak ovog područja hrvatskoj znanstvenoj klasifikaciji koje je 2005. godine priznato kao zasebna znanstvena grana u okviru polja Tehnologija prometa i transporta. U istoj godini osnovano je znanstveno-stručno udruženje ITS Hrvatska, a akreditiran je i novi sveučilišni studijski program „Inteligentni transportni sustavi i logistika“. U istom periodu pokrenuti su brojni znanstveni projekti na tom području, uključujući opće modele i metode razvoja integriranih inteligentnih prometnih sustava. Neki od trenutnih projekata u kojima sudjeluje Republika Hrvatska su⁷⁶:

- Inteligentno surađivanje za poboljšanu prometnu učinkovitost – ICSI
- Inteligentni transportni sustavi u jugoistočnoj Europi – SEE ITS
- Inovacije za računalni vid za siguran promet – VISTA.

Na razvoj i implementaciju inteligentnih sustava upravljanja prometom u Hrvatskoj značajno je utjecao program izgradnje autocesta. Moderne i sigurne hrvatske autoceste svoj uspjeh dijelom mogu zahvaliti tehnologijama koje proizlaze iz inteligentnih sustava upravljanja prometom i to prvenstveno u području upravljanja prometom i incidentima u tunelima.

Ulazak Hrvatske u Europsku Uniju donio je značajne promjene, uključujući usklađivanje zakonodavstva i osnivanje Nacionalnog vijeća za razvoj i implementaciju ITS-a.⁷⁷ Kao članica Europske Unije Hrvatska je usvojila pravni okvir koji omogućuje ujednačavanje i

⁷⁶ Mandžuka S, Žura M, Horvat B, Bičanić D, Mitsakis E. Directives of the European Union on Intelligent Transport Systems and their Impact on the Republic of Croatia. . 2023, 25(3):273-8.: <https://traffic.fpz.hr/index.php/PROMTT/article/view/1323> (03.08.2023.)

⁷⁷ Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, Narodne novine Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.

harmonizaciju prometnih sustava svih zemalja članica. Prema legislativi Europske Unije, glavni razlozi za uvođenje inteligentnih sustava upravljanja prometom su: poboljšanje sigurnosti, poboljšanje učinkovitosti, smanjenje onečišćenja i omogućavanje interoperabilnost između različitih sustava⁷⁸. Tako je i Hrvatska implementirala inteligentni sustav upravljanja prometom u skladu s odredbama Europske Unije. Također, Hrvatska je dio akcijskog plana za implementaciju inteligentnih sustava upravljanja prometom na području Europske Unije, taj plan uključuje šest prioriteta područja⁷⁹:

1. Optimalno korištenje podataka o cestama, prometu i putovanju;
2. Kontinuitet ITS usluga upravljanja prometom i teretom na europskim prometnim koridorima i u konurbacijama;
3. Sigurnost i zaštita na cestama;
4. Integracija vozila u prometnu infrastrukturu;
5. Sigurnost i zaštita podataka i pitanja odgovornosti;
6. Europska ITS suradnja i koordinacija.

Glavna svrha ovog akcijskog plana je koordinirati implementaciju inteligentnih sustava upravljanja prometom u svim zemljama članicama, jer koristi koje implementacija ovih sustava nudi mogu biti realizirane samo kroz implementaciju u svim zemljama članicama. Tako su članice Europske unije dužne usvojiti specifikacije akcijskog plana za navedena prioriteta područja, kako bi se omogućio usklađen razvoj inteligentnih sustava upravljanja prometom unutar Europske Unije (*Slika 8*). Specifikacije se donose postupno, a mogu uključivati:

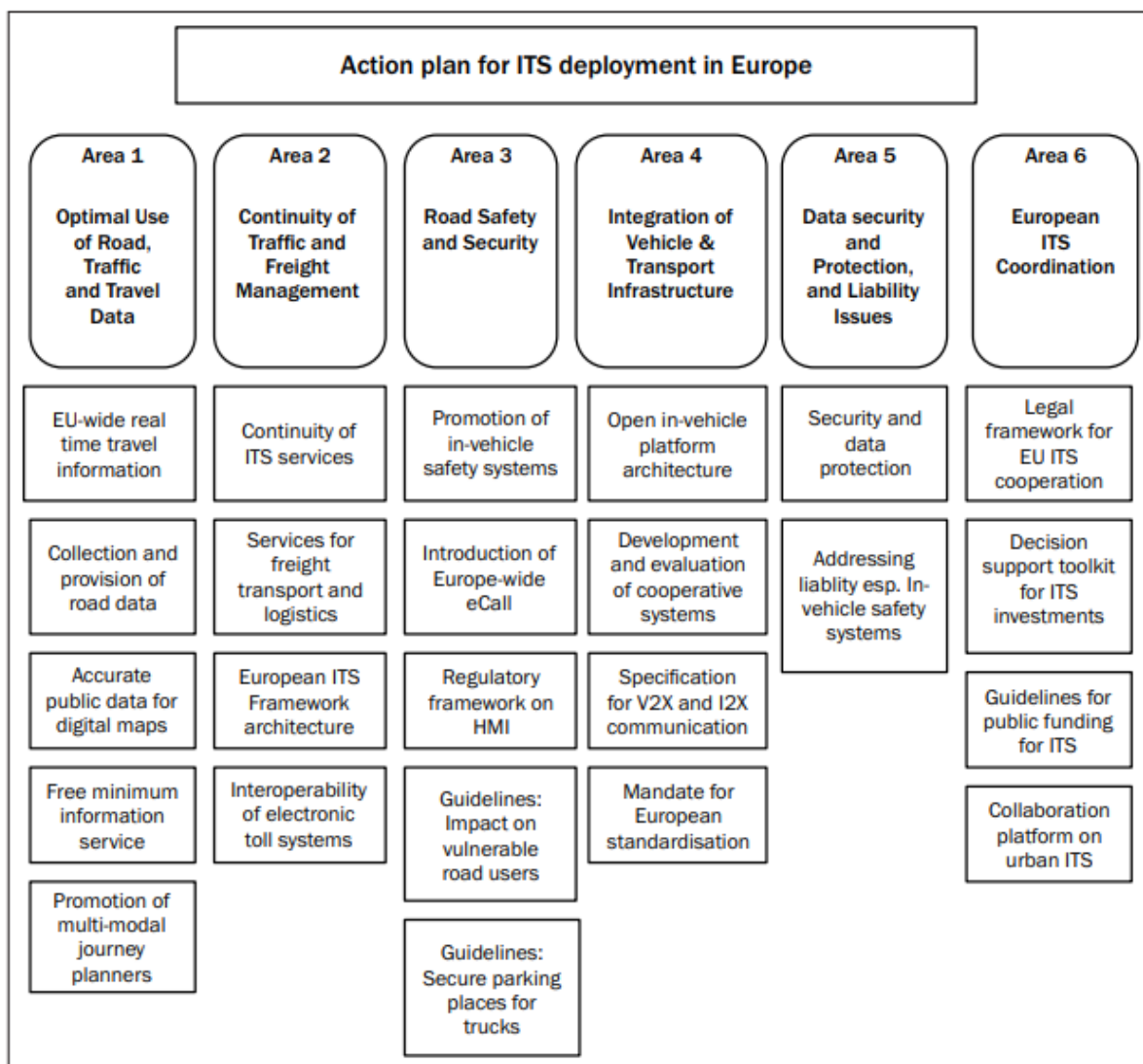
1. funkcionalne značajke – opis uloge dionika i tijekom informiranja među njima,
2. tehničke značajke – tehnologija ostvarivanja funkcionalnih karakteristika,
3. organizacijske značajke – opis procedura odnosno obveza za pojedine dionike (stakeholdere),
4. značajke pružanja usluga – opis razina usluga za ITS aplikacije⁸⁰.
- 5.

⁷⁸ Mandžuka S, Žura M, Horvat B, Bičanić D, Mitsakis E. op.cit. p. 274.

⁷⁹ Mandžuka, S., op. cit. p. 22.

⁸⁰ Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, Narodne novine Republike Hrvatske, Zagreb, 2014

Slika 8 Prioritetna područja akcijskog plana i aktivnosti za razvoj inteligentnih sustava upravljanja prometom u Europi



Izvor: Mandžuka, S.: Intelligent transport systems department, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.

Kao članica Europske Unije, Hrvatska ima obvezu prilagoditi svoje zakonodavstvo kako bi postigle ciljeve postavljene na razini Europske Unije. Odbor Hrvatskog zavoda za norme HZN/TO 524 osnovan 2001. godine (Cestovni prijevoz i prometna telematika) odgovoran je za usklađivanje normi u području cestovne telematike, informacija, komunikacija i nadzora u urbanom i ruralnom cestovnom prijevozu u Republici Hrvatskoj. Ovaj Odbor djeluje pod okriljem Hrvatskog zavoda za norme te prati aktivnosti međunarodnih odbora ISO TC 204

(Intelligent transport systems) i europskog odbora CEN/TC 278 (Intelligent transport systems). Odbor se bavi različitim aspektima, uključujući intermodalne i multimodalne aspekte, korisničke obavjesti, upravljanje prometom, javni i komercijalni prijevoz te hitne i komercijalne službe u vezi s obavješćivanjem o prometu i sustavima nadzora⁸¹. Hrvatska je tako usvojila temeljni dokument Direktiva 2010/40/EU za koordinaciju razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom. Specifikacije članice mogu određivati na nacionalnoj razini, ovisno o području na koje se odnose, a uključuju različite vrste odredbi:

1. funkcionalne odredbe koje opisuju uloge različitih dionika i protok informacija između njih;
2. tehničke odredbe koje osiguravaju tehnička sredstva za ispunjavanje funkcionalnih odredbi;
3. organizacijske odredbe koje opisuju proceduralne obveze zainteresiranih strane;
4. odredbe o uslugama koje opisuju različite razine usluga i njihov sadržaj za primjenu inteligentnih sustava upravljanja prometom⁸².

Nadalje, neki od temeljnih dionika uključenih u Program za razvoj i uvođenje inteligentnih sustava upravljanja u cestovnom prometu koji su odgovorni za ostvarenje normi navedenih u direktivama Europske Unije su⁸³:

- Ministarstvo pomorstva, prometa i infrastrukture
- Ministarstvo regionalnoga razvoja i fondova Europske unije
- Ministarstvo unutarnjih poslova
- Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja
- Ministarstvo poduzetništva i obrta
- Državna uprava za zaštitu i spašavanje
- Županijske uprave za ceste
- ITS Hrvatska
- Koncesionari autocesta u Republici Hrvatskoj
- Hrvatske ceste d.o.o.
- Grad Zagreb, Grad Split, Grad Rijeka i Grad Osijek

⁸¹ Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, Narodne novine Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.

⁸² Mandžuka, S., op. cit. p. 23.

⁸³ Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, Narodne novine Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.

- Hrvatski zavod za norme
- Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu
- Hrvatska komora inženjera tehnologije prometa i transporta
- Hrvatski autoklub
- Udruge hrvatskih cestovnih prijevoznika.

Ovi dionici uključeni su u određene dijelove programa te svojim djelovanjem pospješuju ostvarenje ciljeva implementacije inteligentnih sustava upravljanja prometom na području Republike Hrvatske.

Republika Hrvatska kao članica Europske Unije, ima obavezu implementirati odredbe koje donose tijela Europske Unije, ali je potrebno napomenuti kako za samu implementaciju različitih tehnologija i usluga koje omogućava inteligentni sustav upravljanja prometom je potrebno izdvojiti velika financijska sredstva, što trenutno Hrvatska uspješno ostvaruje.

4.1. STANJE CESTOVNE PROMETNE MREŽE U HRVATSKOJ

Stanje cestovne mreže u Hrvatskoj doživljava napredak, ali zbog ograničenih financijskih resursa taj napredak se može učiniti sporijim u odnosu na neke druge, gospodarski stabilnije zemlje Europske Unije. Unatoč tome, izgradnja mreže autocesta 2000-ih potaknula je razvoj i primjenu inteligentnih sustava upravljanja prometom, koji su prvenstveno implementirani u kontekstu upravljanja prometom te sustavima upravljanja incidentima u tunelima. Ključan događaj je i uvođenje inteligentnih sustava upravljanja prometom u Zakon o cestama 2014. godine, kada je uspostavljena pravno-organizacijska osnova za učinkovit razvoj ovog sektora. Postoje vidljivi napreci u razvitku područja ove industrije, što uključuje osnutak poduzeća Telegra iz Svete Nedelje (nudi cjelovita ITS rješenja na tržištima Europe, SAD-a, Azije i Afrike) te Ericsson Nikola Tesla u Zagrebu (razvija napredne platforme za primjenu ITS-a, posebno u gradovima), Mobilisis iz Varaždina, TEB Inženjering i VIA TEL iz Zagreba, LED Elektronika iz Ivanić-Grada i brojne druge⁸⁴.

⁸⁴ Mandžuka S, Žura M, Horvat B, Bićanić D, Mitsakis E. op.cit. p. 279.

Najsuvremenija informacijska tehnologija korištena u prometnom sektoru, implementirana na hrvatskim autocestama, omogućuje kontinuirani napredak prema inteligentnom upravljanju prometnom infrastrukturom. Na području Hrvatske, prvenstveno unutar mreže autocesta ugrađena su napredna rješenja inteligentnih sustava upravljanja prometom. Ovi sustavi se fokusiraju na kontrolu i regulaciju nesreća, posebno unutar tunela,. Oni postižu izvanredne rezultate u okviru projekata sigurnosti tunela, procjenjivanih kroz Europski program procjene tunela. U 2007. godini provedeno je ocjenjivanje 51 tunela, čime je tunel "Brinje" na autocesti A1 proglašen najboljim u Europi⁸⁵.

Nadalje, na hrvatskim autocestama koristi se signalizacija s promjenjivim porukama (VMS), što uvelike poboljšava razmjenu korisničkih informacija. Sadašnje metode razmjene informacija još nisu modernizirane, što uključuje zastarjele faks uređaje za protokole između Slovenije, Austrije i Hrvatske. Javlja se inicijativa za implementacijom DATEX standarda za razmjenu informacija između centara za upravljanje prometom⁸⁶.

Valja istaknuti izazov održavanja zastarjele cestovne telematike koji se može poboljšati uvođenjem naprednijih tehnoloških metoda održavanja cestovne infrastrukture. Implementacija takvih modela omogućila bi povećanje učinkovitosti postojećeg telematičkog sustava. Jedan od temeljnih izazova je organizacija provođenja postupaka održavanja ovog sustava te optimalno iskorištavanje resursa, kako bi se omogućila zadovoljavajuća razina sigurnosti mreže hrvatskih autocesta.

4.2. INTERESI HRVATSKOG GOSPODARSTVA

Uspoređujući stanje prometnog sektora i stupnja implementacije inteligentnih sustava upravljanja prometom u Hrvatskoj i drugih zemalja regije, Hrvatska se nalazi pri vrhu po pitanju opremljenosti sustavima za upravljanje prometom na brzim cestama i autocestama, sigurnosnim sustavima te zaštite na cestama i cestovnim građevinama (posebno u tunelima) i dr⁸⁷. Tehnologiju koja se koristi na hrvatskim prometnicama većinski proizvodi domaća industrija,

⁸⁵ Ibidem.

⁸⁶ Ibidem.

⁸⁷ Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, Narodne novine Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.

što je ujedno i dodatna korist od izgradnje i modernizacije prometne infrastrukture⁸⁸. Ove tehnologije inteligentnih sustava upravljanja prometom čine temelj za napredak postojeće prometne infrastrukture.

Tehnologija prometne signalizacije te sustavi za centralizirano upravljanje prometom koja je implementirana u hrvatskoj prometnu infrastrukturu smatra se najboljim primjerom ne samo u regiji, već i na globalnoj razini⁸⁹. Hrvatski proizvođači realiziraju projekte u više od 30 zemalja u regiji i svijetu. Osim toga, dosadašnje analize utjecaja razvoja autocesta i pripadne infrastrukture inteligentnih sustava upravljanja prometom u Republici Hrvatskoj upućuju na to da se ovakav ulaganja mogu vezati i uz poboljšanje kvalitete turističkog sektora.

Strategija razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom u Republici Hrvatskoj, vezana je s realizacijom velikih projekata upravljanja prometnim sustavom. Ova strategija omogućava razvoj malih i srednjih poduzeća usmjerenih na sustave upravljanja proizvodnjom i telematske opreme. Unutar Nacionalnog programa za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu nalaže se kako je potrebno razviti koncept javno-privatnog partnerstva kroz kooperativno djelovanje javnog i privatnog sektora, u razvoju i implementaciji raznovrsnih sustava, kao i pružanju različitih usluga u području inteligentnih sustava upravljanja prometom⁹⁰.

Potrebno je spomenuti kako je u sklopu Nacionalnog programa za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu provedena SWOT analiza čiji su rezultati prikazani u Tablici 1.

Tablica 1 SWOT analiza postojećeg stanja razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom u Europskoj Uniji i Republici Hrvatskoj

Snage	Slabosti
– Republika Hrvatska ima sposobnost razvoja novih ITS aplikacija i usluga,	– u prethodnom periodu nije postojala jasno definirana politika i strategija u razvoju i uvođenju ITS-a,

⁸⁸ Mandžuka S, Žura M, Horvat B, Bičanić D, Mitsakis E. op.cit. p. 280.

⁸⁹ Ibidem.

⁹⁰ Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, Narodne novine Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.

<ul style="list-style-type: none"> - industrija prometne telematike u Republici Hrvatskoj ima dobra iskustva u razvoju tehnologije i opreme, - vodeći operateri cestovne infrastrukture imaju vrlo dobra iskustva u ovom području, - postoji visoka razina obrazovanja u području ITS-a. 	<ul style="list-style-type: none"> - nedovoljna koordiniranost različitih tijela zaduženih za promet, - razvoj ITS-a usmjeren je na fragmentirane aplikacije niske razine, što je rezultiralo nedostatkom značajnije integracije između sustava, - postojeći pristup je rezultirao visokim troškovima održavanja ove opreme, - dosadašnji pristup projektiranju ovih sustava nije uzimao posebnosti ITS-a, - malen broj domaćih istraživačkih i razvojnih projekata, posebno poticanih od gospodarstva i vlasnika infrastrukture.
<p>Prilike</p>	<p>Prijetnje</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Hrvatska leži na veoma važnim prometnim koridorima jugoistočne Europe, - smanjenje prometnih zagušenja i kašnjenja, poboljšanje prometnih tokova integracijom upravljanja prometa i sustava za informiranje putnika, - domaći ITS znanstvenici i stručnjaci imaju bolje razumijevanje lokalnih prometnih problema, ograničenja i ponašanja, - mogućnost pružanja naprednih ITS usluga za upravljanje incidentima na autocestama, - ITS ima potencijal za poboljšanje cestovne sigurnosti boljim iskorištenjem različitih tehnologija provedbe zakona (detektiranje prekršaja), - ITS ima značajan potencijal za poboljšanje sigurnosti na cestama (posebno značajno za poboljšanje slike zemlje u turističkom pogledu, turizam je jedan od najznačajnijih sektora u gospodarstvu), 	<ul style="list-style-type: none"> - financijska kriza i problemi domaćega gospodarstva i industrije, - restrukturiranja najvećih koncesionara autocesta (s projektom monetizacije), gdje se ne mogu predvidjeti sve posljedice za razvoj i uvođenje ITS-a, - ministarstva, vladine agencije i koncesionari zainteresirani su samo za ciljeve vlastitih organizacija, ne i za međuagencijsku koordinaciju i dijeljenje resursa, - postojeći zakon o nabavi nije prikladan za ITS projekte jer se više temelji na tehnološkim specifikacijama nego na funkcionalnim zahtjevima, - ITS se brzo razvija u Europi, gdje se Hrvatska teško prilagođava tehnološkim promjenama.

<p>- ITS pruža rješenja za male gradove na jadranskoj obali s izraženim prometnim problemom tijekom turističke sezone,</p> <p>- ITS kao izvozna industrija.</p>	
---	--

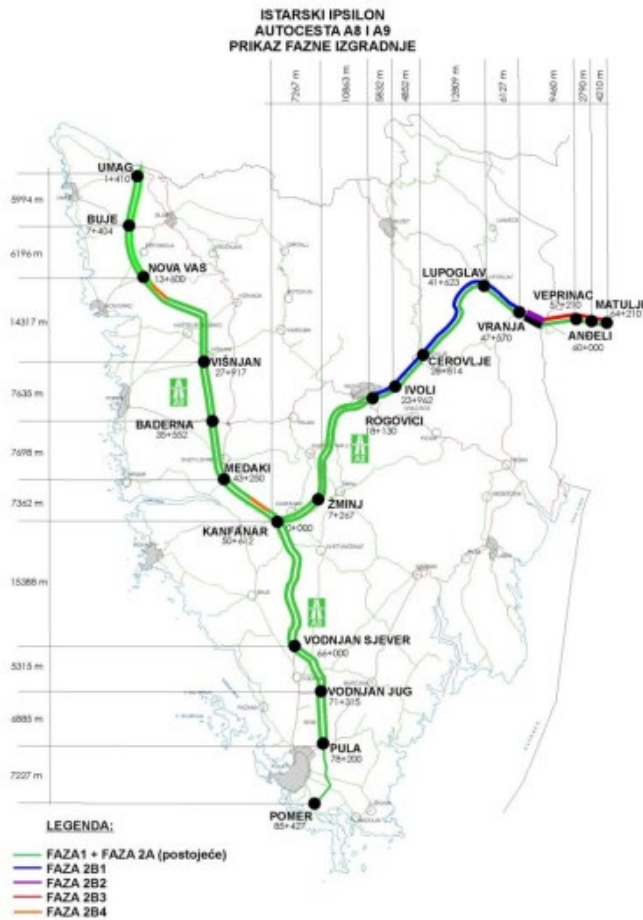
Izvor: Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, Narodne novine Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.

4.3. PRIMJER ISTARSKOG IPSILONA U KORIŠTENJU INTELIGENTNIH SUSTAVA UPRAVLJANJA PROMETOM

Istarski ipsilon je cestovna infrastruktura koja se proteže na dužini od 141 km, spajajući grad Pulu s Umagom te grad Rijeku s Pulom. Veći dio trase proteže se kroz Istarsku županiju, dok manji dio prolazi kroz Primorsko-goransku županiju. Ova dionica poznata je pod imenom Istarski ipsilon. Dosadašnji podaci ukazuju na velike benefite koje ova dionica ima za razvoj istarskog turizma i gospodarstva. Podaci ukazuju kako godišnji promet na ovoj dionici broji oko 10 milijuna vozila te tijekom ljetne sezone ovom infrastrukturom prijeđe više od 60 000 vozila u jednom danu.

Za izgradnju ovog projekta do sada je uloženo 600 milijuna eura, a godišnje se izdvaja čak 85 milijuna kuna za održavanje. Projekt je uključivao tri faze. Prva faza projekta uključivala je povezivanje Pule s Umagom i Rijekom. Druga faza je realizirana u kraćem roku te je završena za samo dvije i pol godine, s puštanjem u promet prvih 100 km autoceste u Istri. Posljednja faza projekta uključuje uključivanje i ostatka Ipsilon u infrastrukturu, kao i izgradnju druge cijevi tunela Učka, što će omogućiti bolju povezanost autoceste Pula-Rijeka (*Slika 9*). Donošenjem odluke o izmjenama i dopunama Ugovora o koncesiji s Bina Istrom u 2020. godini, omogućeni su uvjeti za početak izgradnje druge cijevi tunela Učka čiji radovi obuhvaćaju izgradnju drugog kolničkog traka od čvora Vranja do Tunela Učka-Portala Kvarner, dionice duge osam kilometara na sjeveroistočnoj strani autoceste, koja uključuje izgradnju 5,6 kilometara dugačke druge cijevi tunela Učka s opremom i poprečnim vezama s postojećom tunelskom cijevi te izgradnju novog odmorišta na kvarnerskoj strani tunela Učka. Radovi uključuju i izgradnju novog čvora Vranja, izgradnju novog podvožnjaka, izgradnju dva nova nadvožnjaka, izgradnju prometne poveznice iznad portala obje cijevi tunela Učka na istarskoj strani, izgradnju tri nova

cestarinska prolaza te izgradnju nove zgrade za vatrogasnu postrojbu na postojećoj platformi s istarske strane tunela⁹¹. Vrijednost ove faze je 1,5 milijardi kuna⁹².



Slika 9 Pregled faza izgradnje Istarskog ipsilona

Bina-Istra je 2008. godine implementirala inteligentni sustav za nadzor i praćenje prometa u tunelu Učka. Paralelno je nadograđen i moderniziran sustav daljinskog upravljanja, koji signale dobivene iz raznih senzornih i drugih nazornih sustava u tunelu prenosi putem SCADA sustava za prikupljanje i kontrolu podataka u Centar za upravljanje prometom. Osnovna ideja iza implementacije inteligentnih video sustava nadzora prometa (tzv. sustava televizije zatvorenog kruga ili petlje) na ovoj dionici je brzo prikupljanje podataka o stanju na

⁹¹Vlada Republike Hrvatske. Radovi na drugoj cijevi tunela Učka vrijedni 1,5 mlrd kuna generirat će rast i nova radna mjesta. <https://vlada.gov.hr/vijesti/radovi-na-drugoj-cijevi-tunela-ucka-vrijedni-1-5-mlrd-kuna-generirat-ce-rast-i-nova-radna-mjesta/31083> (01.09.2023.)

⁹²Ministarstvo mora, promet i infrastrukture. Radovi na izgradnji druge cijevi tunela Učka dobro napreduju, nakon ljeta 2024. u prometu će biti obje cijevi tunela. <https://mmpi.gov.hr/vijesti-8/radovi-na-izgradnji-druge-cijevi-tunela-ucka-dobro-napreduju-nakon-ljeta-2024-u-prometu-ce-biti-obje-cijevi-tunela/23425> (01.09.2023.)

prometnicama. U Centar upravljanja prometnicama ugrađeno je i centralno „inteligentno računalo“ – tzv. PLC (Programmable Logic Controller) koje upravlja svim podsustavima upravljanja prometom, prikupljajući i razmjenjujući informacije dobivene s daljinskih stanica⁹³.

S obzirom na to da je poznato kako se na području cijele Hrvatske primjenjuju inteligentni sustavi upravljanja prometom, može se zaključiti kako su ovi sustavi implementirani i na dionici Istarskog ipsilona. Tako je važno istaknuti tunel Učku unutar kojeg su implementirane senzorne tehnologije inteligentnih sustava upravljanja prometom (*Tablica 2*). Senzori implementirani u infrastrukturu tunela mjere smjer i brzinu strujanja zraka, vidljivost, razinu koncentracije ugljičnog monoksida i temperaturu zraka. Osim toga tunel Učka uključuje ima 83 nadzorne kamere, 538 požarnih detektora, 39 vatrogasnih hidranata i 38 SOS stanica te je implementiran sustav automatiziranog umjetnog uzdužnog provjetravanja . SDU je tehnička cjelina za nadzor i upravljanje svim operacijama unutar tunela. To uključuje energetiku, ventilaciju, signalizaciju, video nadzor, automatsko otkrivanje incidenata, detekciju požara, SOS sustav, opskrbu vodom te sustav neprekidnog napajanja (UPS). Ovaj sofisticirani sustav analizira podatke koji omogućuju operaterima u nadzornom Centru kontrolu prometa, sigurnosne uvjete te funkcionalnost opreme i uređaja u tunelu, kao i njihovo upravljanje⁹⁴. Nadalje, Bina-Istra je 2008. godine uvela novi video sustav i automatsku detekciju incidenata (engl. Automatic Incident Detection -AID). Ovaj sustav prikuplja i analizira podatke: pojave dima u tunelu, zaustavljeno vozilo u tunelu, prepreke na, male brzine kretanja vozila, vožnja u suprotnom smjeru, rasuti teret i drugo⁹⁵.

Druga cijev tunela Učka, koja je trenutno u izgradnji također će biti opremljena najsuvremenijom tunelskom opremom kako bi se osiguralo optimalno prometovanje tunelima, što uključuje protupožarne sustave, ventilaciju, dinamičnu signalizaciju, sustav daljinskog vođenja prometa, video i komunikacijske sustave. Druga cijev je trenutno u fazi probijanja miniranjem s obje strane tunela. Istovremeno se odvijaju radovi betonskih oplata, sustava odvodnje te izgradnja kolnika, kao i izgradnja pristupa cijevi tunela. Također, potrebno je istaknuti kako tijekom izgradnje druge cijevi tunela Učka, vrijedi i posebna regulacija prometa koja se oslanja na inteligentne sustave upravljanja prometom, poput prometne signalizacije,

⁹³ Bina Istra. <https://bina-istra.com/> (03.08.2023.)

⁹⁴ Tomašević, G.. 'Modernizacija tunela Učka', Građevinar, 62(09.), 2010. str. 813-822. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/59617> (04.08.2023.)

⁹⁵ Ibidem.

videonadzora, prikupljanja i upravljanja s informacijama o stanju na ovoj prometnoj dionici te obavještavanja korisnika dionice putem web stranica i aplikacija koje upozoravaju putnike na stanje na prometnoj dionici⁹⁶.

Tablica 2 Oprema tunela prema Direktivi 2004/54/EC

SAŽETAK MINIMALNIH ZAHTEJEVA			Promet ≤ 2 000 vozila/traku		Promet > 2 000 vozila po traku			Dodatni uvjeti da bi provedba bila obvezna, ili napomene
			500-1000 m	>1000 m	500-1000 m	1000-3000 m	>3000 m	
Rasvjeta	Normalna rasvjeta	§2.8.1	●	●	●	●	●	
	Sigurnosna rasvjeta	§2.8.2	●	●	●	●	●	
	Rasvjeta za evakuaciju	§2.8.3	●	●	●	●	●	
Ventilacija	Mehanička ventilacija	§2.9	○	○	○	●	●	
	Posebni uređaji za (polu) poprečnu ventilaciju	§2.9.5	○	○	○	○	●	obvezno u dvosmjernim tunelima bez kontrolnog centra.
Stanice za hitne slučajeve	Najmanje svakih 150 m	§2.10	*	*	*	*	*	opremljene telefonom i 2 vatrogasna aparata. U postojećim tunelima je dopušten max. razmak od 250 m
Vodoopskrba	Najmanje svakih 250 m	§2.11	●	●	●	●	●	ako nije dostupno, obvezno osigurati dovoljno vode na drugi način.
Cestovne oznake		§2.12	●	●	●	●	●	za sve sigurnosne uređaje za korisnike tunela (vidi Anex III).
Kontrolni centar		§2.13	○	○	○	○	●	nadzor više tunela može biti centraliziran u jedan kontrolni centar.
Sustavi nadzora	Video	§2.14	○	○	○	○	●	obvezna u tunelima s kontrolnim centrom.
	Automatsko otkrivanje incidenata i/ili požara	§2.14	●	●	●	●	●	najmanje jedan od dva sustava je obavezan u tunelima s kontrolnim centrom.
Oprema za zatvaranje tunela	Prometni signali prije ulaza	§2.15.1	○	●	○	●	●	
	Prometni signali unutar tunela najmanje svakih 1000 m	§2.15.2	○	○	○	○	●	preporučuje se ako postoji kontrolni centar, a duljina prelazi 3000 m.
Komunikacijski sustavi	Radio emitiranje za hitne službe	§2.16.1	○	○	○	●	●	
	Hitne radio poruke za korisnike tunela	§2.16.2	●	●	●	●	●	obvezno tamo gdje se radio program emitira za korisnike tunela i gdje postoji kontrolni centar.
	Zvučnici u skloništim i izlazima	§2.16.3	●	●	●	●	●	obvezno gdje korisnici koji se evakuiraju moraju čekati prije nego što mogu izaći na otvoreno.
Opskrba energijom u nuždi		§2.17	●	●	●	●	●	za osiguranje funkcioniranja nužne sigurnosne opreme barem tijekom evakuacije korisnika tunela
Požarna otpornost oprema		§2.18	●	●	●	●	●	mora biti usmjerena održavanju potrebnih funkcija sigurnosti.

Izvor: Tomašević, G.. 'Modernizacija tunela Učka', Građevinar, 62(09.), 2010. str. 813-822. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/59617> (04.08.2023.)

Osim same infrastrukture tunela Učka i dionice Istarskog ipsilona, usluge inteligentnih sustava upravljanja prometom primjenjuju se i pri naplati cestarine. Ulaskom vozila na Istarski ipsilon cestarina se može platiti:

- Gotovinskim plaćanjem u eurima;

⁹⁶Novi list (srpanj, 2023).. Još samo 500 metara do probijanja druge cijevi tunela Učka. Evo koliko će trajati putovanje od Zagreba do Pule. <https://www.novolist.hr/novosti/hrvatska/jos-samo-500-metara-do-probijanja-druge-cijevi-tunela-ucka-evo-koliko-ce-trajati-putovanje-od-zagreba-do-pule/> (01.09.2023.)

- Platnom karticom;
- ENC uređajem BINA-ISTRE;
- ENC uređajem Hrvatskih autocesta i Autoceste „Rijeka-Zagreb“.

Elektronička naplata cestarine (ENC) temelji se na principu „STOP and GO“ na svim otvorenim naplatnim mjestima Istarskog ipsilona. STOP and GO je način korištenja ENC usluge tako da korisnici prilikom dolaska na naplatnu stazu zaustavljaju svoje vozilo neposredno ispred rampe koja detektira ENC uređaj koji se nalazi unutar vozila najčešće uz vjetrobran, zbog jednostavnije detekcije. Na ovoj dionici omogućuje se korištenje nekoliko ENC paketa:

- ENC PAKET NEXT: usluga beskontaktno elektroničke naplate s odgodom plaćanja
- ENC PAKET NO LIMIT Tunel Učka: usluga pretplate cestarine za neograničeno korištenje dionice Istarskog ipsilona: Matulji–Vranja tijekom jednog kalendarskog mjeseca
- INTERNET-SMS USLUGA: usluga uplate na Korisnički račun putem Platne kartice Korisnika, usluga uvida u stanje Korisničkog računa i transakcije ostvarene putem Korisničkog računa, te usluga slanja zahtjeva za predračun i njegov ispis, sve putem Interneta i/ili SMS-a

Važno je napomenuti kako je Istarski ipsilon dio projekta CROCODILE koji predstavlja suradnju javne uprave, upravitelja državnih cesta i autocesta i pružatelja usluga o stanju prometa. Projekt CROCODILE 3 obuhvaća šest država članica Europske Unije, Austriju, Češku, Mađarsku, Italiju, Slovačku i Hrvatsku, s ciljem osiguranja koordiniranog upravljanja i kontrole prometa, što omogućava visokokvalitetne usluge za korisnike na jednom od najvažnijih cestovnih koridora u Europi. Projekt je usmjeren na:

- provedbu ITS Direktive, a u cilju osiguranja pristupa podacima
- daljnja nadogradnja DATEX II čvorova, u cilju osiguranja tehničkih preduvjeta za dostupnost i razmjenu informacija
- prekogranične informacijske usluge s naglaskom na dostupnost istih krajnjim korisnicima (web servisi, mobilne aplikacije)
- suradnja s drugim državama koje također provode projekt, a u cilju razmjene iskustava

- formiranje radnih skupina radi osiguranja kontinuiteta prekogranične suradnje i pronalaženja zajedničkih rješenja⁹⁷.

Temeljeći se na mogućnostima naplate cestarine na dionici Istarskog ipsilona te različitih tehnoloških sustava implementiranih u samu cestovnu infrastrukturu, vidljivo je kako ova prometna dionica predstavlja primjer uspješne implementacije usluga inteligentnih sustava upravljanja prometom. Tome svjedoče i brojne prednosti modernizacija Istarskog ipsilona, ističući smanjenje broja prometnih nesreća te povećanje sigurnosti i kvalitete putovanja za korisnike. Procjenjujući cestovnu sigurnost Istarskog ipsilona, ova dionica ocijenjena je s 4 zvjezdice prema Europskom programu za ocjenu sigurnosti cesta, EuroRAP⁹⁸. Osim toga, kvalitetu ove dionice potvrđuju brojni certifikati:

- ISO 9001:2015 za upravljanje kvalitetom
- ISO 14001:2015 za upravljanje okolišem
- ISO 45001:2018 za zdravlje i sigurnost zaposlenika
- ISO 39001 za sigurnost cestovnog prometa
- ISO 50001 za upravljanje energijom.

Također, potrebno je istaknuti kako s obzirom na to da Hrvatske Autoceste uvode nove sustave elektroničke naplate cestarine, Bina Istra, kao jedan od temeljna tri dionika u donošenju odluka na području cestovnih dionica u Hrvatskoj, na dionici Istarskog Ipsilona uvodi tehnologiju naplate cestarina temeljenu na DSRC & ALPR tehnologijama koji omogućuju naplatu cestarina bez zaustavljanja, odnosno osigurava se slobodan protok prometa.

Istarski ipsilon je jedan od najistaknutijih primjera prometnice u Hrvatskoj koji na funkcionalan i ekonomičan način implementira usluge inteligentnih sustava upravljanja prometom.

⁹⁷ Crocodile3. <https://crocodile3.crocodile2croatia.eu/o-projektu> (04.08.2023.)

⁹⁸ Bina Istra. <https://bina-istra.com/o-nama/istarski-ipsilon> (04.08.2023.)

5. ZAKLJUČAK

Razvoj i implementacija inteligentnih sustava upravljanja prometom postali su ključni u rješavanju složenih izazova modernih prometnih mreža. Ovim radom nastojalo se prikazati različite aspekte inteligentnih sustava upravljanja prometom, razjašnjavajući njihovu ulogu te kompleksnu arhitekturu. Tako, ističe se kako na temelju provedenog istraživanja je moguće potvrditi formuliranu hipotezu. Inteligentni sustavi upravljanja prometom pokazuju značajan potencijal kojim mogu revolucionirati rad prometnog sustava. Štoviše, razvoj i implementacija inteligentnih sustava u prometu u većini slučajeva značajno povećava učinkovitost prometnog sustava, omogućavajući nesmetano kretanje ljudi, robe i tereta.

Povećanje broja motornih vozila u zemljama u razvoju, naglašava važnost primjene sofisticiranih rješenja inteligentnih sustava upravljanja prometom za suzbijanje zagušenja i poboljšanje učinkovitosti protoka prometa. Inteligentni sustavi upravljanja prometom predstavljaju ključnu komponentu suvremenog prometnog sektora. Implementacija ovih sustava omogućuje optimizaciju prometnog sustava, smanjenje prometne zagušenosti, povećanje sigurnosti sudionika u prometu te smanjenje negativnih utjecaja na okoliš.

U kontekstu Republike Hrvatske, primjer Istarskog ipsilona ističe se kao uspješan model primjene inteligentnih sustava upravljanja prometom. Prikazom Istarskog ipsilona vidljivo je kako su prepoznate prednosti ugradnje tehnologija inteligentnog sustava upravljanja prometom. Štoviše, zaključuje se koliko je značajno usklađivanje razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom s nacionalnim interesima za poticanje tehnološkog, gospodarskog, turističkog razvoja te pozitivnog utjecaja na broje druge sektore koji potiču jačanje Republike Hrvatske na razini Europske Unije i šire.

Stoga, može se zaključiti kako primjena usluga inteligentnih sustava upravljanja prometom postaje ključno rješenje za rastuće prometne izazove. Kompleksni odnosi tehnološkog napretka, urbanog planiranja i društvenih potreba ističu kontinuiranu promjenu potreba i izazova u sustavima upravljanja prometom. Potrebno je da se inteligentni sustavi upravljanja prometom se razvijaju paralelno s tehnološkim napretkom kako bi što kvalitetnije odgovarali na nove izazove.

Na temelju prikazanog istraživanja, važno je istaknuti kako su u budućnosti potrebna daljnja ulaganja u istraživanje i kvalitetan razvoj i implementaciju različitih tehnoloških usluga

inteligentnih sustava upravljanja prometom. S obzirom na to da se trenutno stavlja fokus na razvoj umjetne inteligencije i sličnih tehnologija, moguće je očekivati implementaciju ovih, najsuvremenijih oblika tehnologije koja će potencijalno u potpunosti izmjeniti stanje prometnog sektora.

6. LITERATURA

1. Alazawi, Z., Altowajri, S., Mehmood, R., & Abdljabar, M. B. (. Intelligent disaster management system based on cloud-enabled vehicular networks. In 2011 11th International Conference on ITS Telecommunications, 2011, (pp. 361-368). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6060083> (03.08.2023.)
2. Auer, A., Feese, S., Lockwood, S., Vann Easton, A.: History of Intelligent Transportation Systems 2021. U.S. Department of Transportation, Washington DC, 2021.
3. Azizur Rahim, Xiangjie Kong, Feng Xia, Zhaolong Ning, Noor Ullah, Jinzhong Wang, Sajal K. Das, Vehicular Social Networks: A survey, Pervasive and Mobile Computing, Volume 43, 2018, 96-113. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1574119217300792#preview-section-cited-by> (04.08.2023.)
4. Bhupendra Singh; Ankit Gupta: Recent trends in intelligent transportation systems: a review Research Directory, J. Transp. Lit. 9 (2), 2015. <https://doi.org/10.1590/2238-1031.jtl.v9n2a6> (03.08.2023.)
5. Bina Istra. https://issuu.com/bina-istra/docs/plan_uklju_ivanja_dionika_-_rev_1_-_2019?fr=sYWJjMjMwMDE3NzY (03.08.2023.)
6. Bošnjak I., Inteligentni transportni sustavi, izvor: <http://www.infotrend.hr/clanak/2008/6/razvoj-inteligentnih-transportnih-sustava-%E2%80%93-its,14,323.html> (16.07.2023.)
7. Crainic, T., Gendreau, M. I Potvin, J. Intelligent freight-transportation systems: Assessment and the contribution of operations research, Transportation Research Part C: *Emerging Technologies*, Volume 17, Issue 6, 2009, Pages 541-557, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2008.07.002> (03.08.2023.)
8. Crocodile3. <https://crocodile3.crocodile2croatia.eu/o-projektu> (04.08.2023.)
9. Dadić, I., Kos, G.: Teorija i organizacija prometnih tokova, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2007.
10. Direktiva 2010/40/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 7. srpnja 2010. o okviru za uvođenje inteligentnih prometnih sustava u cestovnom prometu i za veze s ostalim

- vrstama prijevoza, 2010, Europski parlament, Strasbourg. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex:32010L0040>, (15.07.2023.)
11. ERTICO – ITS Europe: Intelligent Transport Systems (ITS) and SUMP – making smarter integrated mobility plans and policies <https://ertico.com/focus-areas/urban-mobility/> (04. 08.2023.)
 12. Europska komisija. Intelligent transport systems. https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/intelligent-transport-systems_en (1.08.2023.)
 13. Guerrero-Ibáñez, J.; Zeadally, S.; Contreras-Castillo, J. Sensor Technologies for Intelligent Transportation Systems. *Sensors* 2018, 18, 1212. <https://doi.org/10.3390/s18041212> (01.08.2023.)
 14. Hadiwardoyo, S.A., Patra, S., Calafate, C.T. et al. An Intelligent Transportation System Application for Smartphones Based on Vehicle Position Advertising and Route Sharing in Vehicular Ad-Hoc Networks. *J. Comput. Sci. Technol.* 33, 2018, 249–262. <https://doi.org/10.1007/s11390-018-1817-4> (01.08.2023.)
 15. Hrvatske autoceste. <https://www.hac.hr/hr/cestarina/enc> (04. 08.2023.)
 16. Hrvatske autoceste. Novi sustav elektroničke naplate cestarine na autocestama u Republici Hrvatskoj. https://www.hac.hr/files/shares/Brosura_novi%20sustav%20naplate%20cestarine%20u%20RH_F.pdf (01.09.2023).
 17. Hrvatske autoceste. Novi sustav naplate cestarine. <https://www.hac.hr/files/shares/1.%20Odnosi%20s%20javnoscu/publikacije/Novi%20sustav%20naplate%20cestarine.pdf> (01.09.2023).
 18. International Organization for Standardization: ISO 14813-1:2015 Intelligent transport systems - Reference model architecture(s) for the ITS sector - Part 1: ITS service domains, service groups and services, Geneva, 2015.
 19. Kadłubek, M.; Thalassinos, E.; Domagała, J.; Grabowska, S.; Saniuk, S. Intelligent Transportation System Applications and Logistics Resources for Logistics Customer Service in Road Freight Transport Enterprises. *Energies* 2022, 15, 4668. <https://doi.org/10.3390/en15134668> (03.08.2023.)
 20. Kirschfink, H., Hernández, J., i Boero, M. Intelligent traffic management models. *In Proceedings of the European Symposium on Intelligent Techniques (ESIT)*, 2000., p. 36-45,

- https://www.researchgate.net/publication/2927795_Intelligent_Traffic_Management_Models (17.07.2023.)
21. Lee, J., Christian, R., Campbell, J., Brown, J., Hoekstra-Atwood, L., Magee, K., Prendez, D. i Schroeder, J. Principles and Guidance for Presenting Active Traffic Management Information to Drivers. *National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*. 2021.
https://www.researchgate.net/publication/348695633_Principles_and_Guidance_for_Presenting_Active_Traffic_Management_Information_to_Drivers (02.08.2023.)
22. Lee, K.-T., Lin, D.-J., & Wu, P.-J. Planning and Design of a Taxipooling Dispatching System. *Transportation Research Record*, 1903(1), 2005, 86–95.
<https://doi.org/10.1177/0361198105190300110> (03.08.2023.)
23. Liming Cai,, Wu Xia, Peng Li, Long Zhang i Jing Liu. An intelligent transportation system for hazardous materials based on the Internet of Things, *School of Physics and Information Engineering*, 2015, 611-616.
<file:///C:/Users/Antonela/Downloads/25839965.pdf> (03.08.2023.)
24. M de Souza, A., Brenand, C., Yokoyama, R., Donato, E., Madeira, E. I Villas, L. *International Journal Traffic management systems: A classification, review, challenges, and future perspectives of Distributed Sensor Networks*, 13:4, 2017,
<https://journals.sagepub.com/doi/epub/10.1177/1550147716683612> (05.08.2023.)
25. M. Papageorgiou, M. Ben-Akiva, J. Bottom, P.H.L. Bovy, S.P. Hoogendoorn, N.B. Hounsell, A. Kotsialos, M. McDonald,:Chapter 11 ITS and Traffic Management, *Handbooks in Operations Research and Management Science*, Elsevier, Volume 14, 2007, 715-774.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927050706140116> (04.08.2023.)
26. Mandžuka S, Žura M, Horvat B, Bićanić D, Mitsakis E. Directives of the European Union on Intelligent Transport Systems and their Impact on the Republic of Croatia. . 2023, 25(3):273-8.: <https://traffic.fpz.hr/index.php/PROMTT/article/view/1323> (03.08.2023.)
27. Mandžuka, S. Microsoft PowerPoint - predavanje 1. http://e-student.fpz.hr/Predmeti/I/Inteligentni_transportni_sustavi_I/Materijali/Predavanje_1.pdf (15. 07. 2023.)

28. Mandžuka, S.: Intelligent transport systems department, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2015.
29. Manikonda, P., Yerrapragada A. K., i . Annasamudram, S. S.: Intelligent traffic management system, 2011 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology (STUDENT), Semenyih, Malaysia, 2011., p. 119-122, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6089337> (17.07.2023.)
30. Međunarodna organizacija za normizaciju ISO. ITS Standardization Activities of ISO/TC 204. (2019.)
31. Ministarstvo mora prometa i infrastrukture. Radovi na izgradnji druge cijevi tunela Učka dobro napreduju, nakon ljeta 2024. u prometu će biti obje cijevi tunela. <https://mmpi.gov.hr/vijesti-8/radovi-na-izgradnji-druga-cijevi-tunela-ucka-dobro-napreduju-nakon-ljeta-2024-u-prometu-ce-biti-obje-cijevi-tunela/23425> (01.09.2023.)
32. Novi list (srpanj, 2023).. Još samo 500 metara do probijanja druge cijevi tunela Učka. Evo koliko će trajati putovanje od Zagreba do Pule. <https://www.novolist.hr/novosti/hrvatska/jos-samo-500-metara-do-probijanja-druga-cijevi-tunela-ucka-evo-koliko-ce-trajati-putovanje-od-zagreba-do-pule/> (01.09.2023.)
33. Papadimitratos, P., De La Fortelle, A., Evensen, K., Brignolo, R., & Cosenza, S.). Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation. *IEEE communications magazine*, 47(11), 2009., 84-95. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:429045/FULLTEXT01.pdf> (02.08.2023.)
34. Paral, J. Identification of operations assets. Battelle Memorial Institute, Ohio, 2005. [https://ops.fhwa.dot.gov/publications/indent_op_assets/pdf/final_report\(v4\).pdf](https://ops.fhwa.dot.gov/publications/indent_op_assets/pdf/final_report(v4).pdf) (02.08.2023.)
35. Partha Sarathi Chakraborty, Arti Tiwari, Pranshu Raj Sinha, Adaptive and Optimized Emergency Vehicle Dispatching Algorithm for Intelligent Traffic Management System, *Procedia Computer Science*, Volume 57, 2015, Pages 1384-1393, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915019833> (04. 08.2023.) (04. 08.2023.)
36. Passos L.S., Rossetti R.J.F.: Intelligent Transportation Systems: a Ubiquitous Perspective, *Department of Informatics Engineering*, 2009. https://www.researchgate.net/figure/Historical-development-of-transportation-systems_fig1_228653179 (1.08.2023.)

37. Portal hrvatske tehničke baštine, Inteligentni transportni sustavi, 2018. <https://tehnika.lzmk.hr/inteligentni-transportni-sustavi/> (1. 08. 2023.)
38. Priyanka, EB, Maheswari, C, Thangavel, S. A smart-integrated IoT module for intelligent transportation in oil industry. *Int J Numer Model.* 2021; 34:e2731. <https://doi.org/10.1002/jnm.2731> (03.08.2023.)
39. Prometheus Project. <https://prometheusproject.eu/prometheus-project/> (1.08.2023.)
40. Rajkumar, SC, Deborah, LJ. An improved public transportation system for effective usage of vehicles in intelligent transportation system. *Int J Commun Syst.* 2021; 34:e4910. <https://doi.org/10.1002/dac.4910> (04. 08.2023.)
41. Shaheen, S., & Finson, R. (2013). *Intelligent Transportation Systems*. UC Berkeley: Transportation Sustainability Research Center. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/3hh2t4f9> (04. 08.2023.)
42. Strohmann, T. , Siemon, D. i Robra-Bissantz, S. Designing Virtual In-vehicle Assistants: Design Guidelines for Creating a Convincing User Experience. 11. 2019, 54-78. 10.17705/1thci.00113. (02.08.2023.)
43. Tomašević, G.. 'Modernizacija tunela Učka', *Građevinar*, 62(09.), 2010. str. 813-822. Preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/59617> (04.08.2023.)
44. Vlada Republike Hrvatske. Radovi na drugoj cijevi tunela Učka vrijedni 1,5 mlrd kuna generirat će rast i nova radna mjesta. <https://vlada.gov.hr/vijesti/radovi-na-drugoj-cijevi-tunela-ucka-vrijedni-1-5-mlrd-kuna-generirat-ce-rast-i-nova-radna-mjesta/31083> (01.09.2023.)
45. Vlada Republike Hrvatske: Nacionalni program za razvoj i uvođenje inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu za razdoblje od 2014. do 2018. godine, Narodne novine Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.
46. Wohllebe, Atila. Consumer Acceptance of App Push Notifications: Systematic Review on the Influence of Frequency. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*. 14. 2020. 36-47. https://www.researchgate.net/publication/343658086_Consumer_Acceptance_of_App_Push_Notifications_Systematic_Review_on_the_Influence_of_Frequency (01.08.2023.)
47. World Road Association. <https://rno-its.piarc.org/en/systems-and-standards-its-architecture/what-its-architecture> (01.08.2023.)

48. Yeganegi, K. The position of intelligent transportation system in national security, WALIA journal 30(S2): 170-175, 2014. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3601977 (03.08.2023.)
49. Yeganegi, Kamran, The Position of Intelligent Transportation System in National Security, 2014. WALIA journal 30(S2): 170-175, 2014, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3601977>. (03.08.2023.)
50. Yeganegi, Kamran, The Position of Intelligent Transportation System in National Security, 2014. WALIA journal 30(S2): 170-175, 2014, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3601977> (03.08.2023.)

7. POPIS SLIKA

Slika 1 Simboličan prikaz usluga inteligentnih sustava upravljanja prometom.....	8
Slika 2. Shematski prikaz pojednostavljene strukture inteligentnih sustava upravljanja prometom	9
Slika 3 Prikaz razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom	14
Slika 4 Prikaz arhitekture DSRC & ALPR elektroničkog sustava naplate cestarine.....	32
Slika 5 Prikaz uporabe senzora za prikupljanje podataka o vremenu	36
Slika 6 Arhitektura sustava za odaziv na velike nesreće.....	38
Slika 7 Konceptualni model utjecaja inteligentnih transportnih sustava na nacionalnu sigurnost	40
Slika 8 Prioritetna područja akcijskog plana i aktivnosti za razvoj inteligentnih sustava upravljanja prometom u Europi.....	44
Slika 9 Pregled faza izgranje Istarskog ipsilona.....	51

8. POPIS TABLICA

<i>Tablica 1 SWOT analiza postojećeg stanja razvoja inteligentnih sustava upravljanja prometom u Europskoj Uniji i Republici Hrvatskoj</i>	<i>48</i>
<i>Tablica 2 Oprema tunela prema Direktivi 2004/54/EC</i>	<i>53</i>