

Automatsko upravljanje vozilom

Kosić, Lucia

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:187:427632>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-05**



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](#)



uniri DIGITALNA
KNJIŽNICA



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

LUCIA KOSIĆ

AUTOMATSKO UPRAVLJANJE VOZILOM

DIPLOMSKI RAD

Rijeka, 2023.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

**AUTOMATSKO UPRAVLJANJE VOZILOM
AUTOMATIC STEERING VEHICLES**

DIPLOMSKI RAD

Kolegij: Inteligentni transportni sustavi

Mentor: izv. prof .dr. sc. Jasmin Ćelić

Studentica: Lucia Kosić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112073691

Rijeka, rujan 2023.

Studentica: Lucia Kosić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112073691

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI DIPLOMSKOG RADA

Kojom izjavljujem da sam diplomski rad s naslovom „Automatsko upravljanje vozilom“ izradila samostalno pod mentorstvom izv. prof. dr. sc. Jasmina Čelića.

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

Studentica

Lucia Kosić

Studentica: Lucia Kosić

Studijski program: Tehnologija i organizacija prometa

JMBAG: 0112073691

**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/>

Studentica – autor

Lucia Kosić

SAŽETAK

Automatsko upravljanje vozilom predstavlja veliki napredak u automobilskoj industriji te ima potencijal revolucionirati način na koji putujemo. Vozila s automatskim upravljanjem često se nazivaju autonomnim vozilima. Autonomna vozila koriste kombinaciju najsuvremenijih tehnologija za navigaciju i kontrolu bez izravne ljudske intervencije. Napredni senzori i računalni sustavi kojima su opremljeni omogućuju im sigurno i učinkovito snalaženje u složenim okruženjima. Iako postoje izazovi koje treba prevladati, razvoj autonomnih automobila nastavlja napredovati, nudeći obećanje sigurnijeg, praktičnijeg i ekološki prihvatljivijeg prijevoza u budućnosti.,

Ključne riječi: automatsko upravljanje vozilom, autonomna vozila, inteligentni senzori, inteligentni sustavi, tehnologije automatskog upravljanja vozilom

SUMMARY

Automatic steering vehicles represent a major advance in the automotive industry and has the potential to revolutionize the way we travel. Self-driving vehicles are often referred to as autonomous vehicles. Autonomous vehicles use a combination of technologies for navigation and control without direct human intervention. The advanced sensors and computer systems they are equipped with enable them to navigate safely and efficiently in complex environments. Although there are challenges to overcome, the development of autonomous vehicles continues to advance, offering the promise of safer, more convenient and environmentally friendly transportation in the future.

Keywords: automatic vehicle control, autonomous vehicles, automatic vehicle control technologies, intelligent sensors, intelligent systems

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA	1
1.2. RADNA HIPOTEZA.....	1
1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....	1
1.4. ZNANSTVENE METODE.....	2
1.5. STRUKTURA RADA	2
2. RAZVOJ INTELIGENTNIH VOZILA.....	4
2.1. ITS PRILAGODBA.....	4
2.2. SUSTAVI POMOĆI VOZAČU.....	5
2.2.1. Sustavi za upozorenje na sudar	5
2.2.2. Sustavi za održavanje trake.....	7
2.2.3. Sustavi za kontrolu brzine.....	8
2.2.4. Sustavi za prepoznavanje prometnih znakova	9
2.2.5. Sustavi za parkiranje	10
2.2.6. Informacijski sustavi mrtvog kuta.....	11
2.2.7. GPS sustav	12
2.2.8. Head-up zaslon.....	14
2.2.9. Sustavi za automatsko upravljanje svjetlima	15
3. TEHNOLOGIJE I PRIMJENA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM.....	17
3.1. INTELIGENTNI SENZORI U VOZILU	17
3.1.1. Senzori za parkiranje.....	17
3.1.2. Senzori za kišu	19
3.1.3. Senzori tlaka u gumama.....	21
3.2. TEHNOLOGIJE ZA POVEZIVANJE VOZILA S OKOLINOM.....	22
3.3. TEHNOLOGIJE I ALGORITAMI ZA OBRADU PODATAKA	24
3.4. PRIMJENE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM.....	26
4. OBLICI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM	28
4.1. POLU AUTONOMNA VOZILA	29
4.2. POTPUNO AUTONOMNA VOZILA	30
5. PREDNOSTI I IZAZOVI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM	32
5.1. PREDNOSTI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM.....	32
5.2. IZAZOVI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA U VOZILU.....	34

6. PROIZVOĐAČI AUTONOMNIH VOZILA	37
6.1. GOOGLE-WAYMO	37
6.2. DAIMLER AG	39
6.3. FORD MOTOR COMPANY	41
6.4. VOLVO CARS	42
6.5. TESLA, INC.	43
7. BUDUĆI RAZVOJ AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM	46
7.1. RAZVOJ TEHNOLOGIJA ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE VOZILOM	46
7.2. NOVI OBLICI PRIMJENE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM	47
7.3. UTJECAJ NA PROMETNU INFRASTRUKTURU I URBANISTIČKI RAZVOJ	48
7.4. UTJECAJ NA OKOLIŠ I DRUŠTVO	50
8. ZAKLJUČAK	51
LITERATURA	52
POPIS KRATICA	54
POPIS SLIKA	55

1. UVOD

Osobni automobili nekada su bili luksuz, a danas su postali osnovna potreba. Automobilska industrija desetljećima se razvija u korak s tehnologijom kako bi bila u skladu s ljudskim potrebama te užurbanim načinom života.

U današnjem svijetu sve je više potrebe za automatizacijom i digitalizacijom različitih industrija, a automobilska industrija nije iznimka. Automatsko upravljanje vozilima postaje sve više zastupljeno i razvijeno, a s ciljem povećanja sigurnosti u prometu, smanjenja utjecaja na okoliš i povećanja udobnosti putovanja. Automatizacijom se smatra proces uvođenja automatiziranih sustava u vozilu. Zadatke koji su bili u nadležnosti ljudskog vozača poput upravljanja, kočenja i ubrzavanja, preuzet će automatizirani sustavi. Gotovo svi aspekti ljudske okoline unaprijedili su se razvojem tehnologije, te se automatizacijom nastoji olakšati, ali u nekim slučajevima i zamijeniti ljudski rad.

1.1. PROBLEM, PREDMET I OBJEKTI ISTRAŽIVANJA

Automatsko upravljanje vozilima predstavlja multidisciplinarno područje koje uključuje različite discipline poput elektrotehnike, računarstva, mehanike i drugih. Predmet istraživanja su inteligentni sustavi i njihova primjena u automobilskoj industriji. Objekti istraživanja su autonomna vozila, inteligentne prometnice, sustavi informiranja i druge tehnologije koje se koriste u automatizaciji vožnje.

1.2. RADNA HIPOTEZA

Radna hipoteza ovog istraživanja jest da će automatsko upravljanje vozilima značajno povećati sigurnost u prometu, smanjiti utjecaj na okoliš i poboljšati iskustvo putovanja za korisnike.

1.3. SVRHA I CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Svrha ovog istraživanja jest analizirati različite aspekte automatskog upravljanja vozilima te prikazati mogućnosti i izazove koje ova tehnologija nosi sa sobom. Ciljevi istraživanja su razumijevanje osnova inteligentnih transportnih sustava, prikaz primjene tehnologija u

automatizaciji vožnje, analiza prednosti i izazova korištenja autonomnih vozila te predstavljanje mogućnosti koje ova tehnologija donosi u budućnosti.

1.4. ZNANSTVENE METODE

U ovom istraživanju koristit će se različite znanstvene metode, poput deskriptivne i komparativne metode, analize sadržaja, analize dokumenata te kvalitativne i kvantitativne metode istraživanja. Deskriptivna metoda koristit će se za prikazivanje osnovnih značajki inteligentnih transportnih sustava i njihove primjene u automatizaciji vožnje, dok će se komparativna metoda koristiti za usporedbu različitih sustava. Analiza sadržaja i analiza dokumenata koristit će se za prikupljanje podataka iz različitih izvora, a kvalitativne i kvantitativne metode istraživanja koristit će se za analizu podataka.

1.5. STRUKTURA RADA

Rad će se sastojati od osam poglavlja. U prvom poglavlju bit će predstavljen problem, predmet i objekti istraživanja, radna hipoteza, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode te struktura rada.

Drugo poglavlje bit će posvećeno razvoju inteligentnih vozila, ITS prilagodbi te će opisati sustave pomoći vozaču.

Treće poglavlje opisivat će tehnologije, inteligentne senzore koji se koriste u automatskom upravljanju vozilom te njegove primjene.

Četvrto poglavlje bavit će oblicima automatskog upravljanja vozilom točnije opisat će polu automatsko upravljanje te potpuno automatsko upravljanje.

Peto poglavlje bit će posvećeno određenim prednostima i izazovima automatskog upravljanja vozilom.

Šesto poglavlje opisat će vodeće svjetske proizvođače autonomnih vozila.

Sedmo poglavlje bavit će se objašnjenjem budućeg razvoja automatskog upravljanja vozilom.

Zaključak će sumirati glavne spoznaje iz istraživanja i dati zaključke o razvoju automatskog upravljanja vozilima te njegovoj primjeni u budućnosti.

Slijedeća poglavlja detaljno će analizirati različite aspekte automatskog upravljanja vozilima, prikazujući njegovu primjenu i prednosti te naglašavajući izazove i moguće probleme.

2. RAZVOJ INTELIGENTNIH VOZILA

Razvoj inteligentnih vozila značajan je tehnološki napredak u području transporta. Inteligentna vozila opremljena su nizom senzora i komunikacijskih tehnologija koje im omogućavaju interakciju s okolinom i donošenje odluka na temelju tih podataka. Prvi prototipovi pojavili su se 1980-ih te se nakon toga ova tehnologija nastavila razvijati desetljećima. Međutim, do značajnog napretka u razvoju inteligentnih vozila došlo je u 2000-im godinama, pri čemu su velike tvrtke poput Googlea i Tesle ulagale velika sredstva u istraživanje i razvoj. U današnje vrijeme može se vidjeti sve više inteligentnih vozila na našim prometnicama, a mnogi veliki proizvođači automobila u svoja vozila ugrađuju autonomne značajke.

Veliki potencijal razvoja inteligentnih vozila leži u revolucionarnom načinu na kojem se vrši putovanje, povećanoj sigurnosti, smanjenu gužvi i poboljšanju učinkovitosti goriva. Međutim, postoji i određena zabrinutost u vezi s etičkim i pravnim implikacijama autonomnih vozila, kao i mogućim budućim utjecajem na zapošljavanje u prometnoj industriji. Kao takav, razvoj inteligentnih vozila i dalje je predmet značajnog interesa i rasprave među istraživačima.

2.1. ITS PRILAGODBA

Prilagodba inteligentnih transportnih sustava automatskom upravljanju vozilima predstavlja značajan iskorak u evoluciji transportne tehnologije. Inteligentni prometni sustavi dizajnirani su za poboljšanje učinkovitosti i sigurnosti prometnih mreža, korištenjem podataka u stvarnom vremenu za optimizaciju protoka prometa i smanjenje zagušenja. Integracijom ovih sustava s automatskim upravljanjem vozilom, potencijalne koristi su još veće. Automatsko upravljanje vozilima omogućuje vozilima donošenje odluka na temelju podataka u stvarnom vremenu i komunikaciju s drugim vozilima i prometnom infrastrukturom. To omogućuje učinkovitiji i sigurniji prijevoz, uz smanjene gužve, poboljšanu učinkovitost goriva i smanjen utjecaj na okoliš. Međutim, uspješna prilagodba inteligentnih transportnih sustava automatskom upravljanju vozilima zahtijeva značajna ulaganja u infrastrukturu, kao i razvoj naprednih komunikacijskih tehnologija i robusnih sigurnosnih protokola. Osim toga, moraju se uzeti u obzir etička i pravna pitanja kako bi se osiguralo da su prednosti ove tehnologije ostvarene bez ugrožavanja privatnosti ili sigurnosti pojedinaca. Ipak, potencijalne koristi ove integracije su

značajne, te kao takva ona predstavlja važno područje istraživanja i razvoja u području prometne tehnologije.

2.2. SUSTAVI POMOĆI VOZAČU

Sustavi pomoći vozaču igraju ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti i učinkovitosti autonomnih vozila. Ovi sustavi dizajnirani su za podršku vozačima pružanjem pomoći pri različitim zadacima, poput upravljanja, kočenja i ubrzavanja. U autonomnim vozilima sustavi pomoći vozaču često se koriste kao rezerva za tehnologiju autonomne vožnje, pružajući dodatnu razinu sigurnosti i pouzdanosti. Na primjer, ako sustav za autonomnu vožnju zakaže ili se nađe u situaciji s kojom se ne može nositi, sustavi za pomoć u vožnji mogu preuzeti i spriječiti nesreće ili druge potencijalne probleme. Sustavi pomoći vozačima također omogućuju vozačima da zadrže određenu kontrolu nad svojim vozilima, što može pomoći u izgradnji povjerenja u autonomnu tehnologiju i olakšati prijelaz na potpuno autonomna vozila. Međutim, učinkovitost sustava pomoći vozaču ovisi o njihovoj točnosti i pouzdanosti, te je potrebno značajno istraživanje i razvoj kako bi se osiguralo da su ti sustavi robusni i učinkoviti. Integracija sustava pomoći vozaču s tehnologijom autonomne vožnje ključna je za razvoj sigurnih i pouzdanih autonomnih vozila te predstavlja važno područje istraživanja i inovacija u području prometne tehnologije.

Postoje različite vrste sustava pomoći u vožnji te svaki sustav radi na pružanju različite značajke korisniku. Soma sustavi ključni su za sigurnost vozača, dok drugi mogu biti dodatna pogodnost koja pomaže vozaču da izbjegne manje nesreće.

2.2.1. Sustavi za upozorenje na sudar

Sustavi upozorenja na sudar (engl. Collision warning systems), također poznati kao sustavi za izbjegavanje sudara ili sustavi upozorenja na sudar, napredne su sigurnosne tehnologije osmišljene za ublažavanje rizika od sudara s prednjim dijelom vozila. Ovi sustavi koriste različite senzore i algoritme za otkrivanje potencijalnih opasnosti i pravovremena upozorenja vozaču, pomažući u sprječavanju ili smanjenju ozbiljnosti nesreća. Primarni cilj sustava

upozorenja na sudar je poboljšati svijest vozača i vrijeme reakcije stalnim praćenjem prometnog okruženja. Ovi sustavi obično koriste kombinaciju radara, LiDAR-a (detekcija svjetla i određivanje dometa), kamera i drugih senzora za prikupljanje podataka o okolini vozila, kao što je udaljenost do objekata, njihova relativna brzina i njihova putanja. Kada sustav upozorenja na sudar otkrije potencijalnu opasnost, upozorava vozača vizualnim, zvučnim ili taktilnim znakovima. Signali upozorenja osmišljeni su kako bi skrenuli pozornost vozača na nadolazeći sudar, dajući mu dragocjene dodatne sekunde za reakciju i primjenu potrebnih korektivnih radnji, poput kočenja ili skretanja od opasnosti. U ključne komponente sustava upozorenja spadaju:

1. Senzori koji mogu biti radarski i/ili lidarski te se oni obično se koriste za otkrivanje položaja, brzine i kretanja objekata na putu vozila. Ovi senzori emitiraju signale i mjere vrijeme koje im je potrebno da se vrate nakon udarca u neki objekt, što im omogućuje izračunavanje udaljenosti i relativne brzine.
2. Obrada podataka sastoji se od algoritama sustava koji analiziraju podatke senzora u stvarnom vremenu, kontinuirano procjenjujući rizik od sudara. Oni uspoređuju putanju i brzinu vozila s otkrivenim objektima i procjenjuju vjerojatnost neizbježnog sudara.
3. Generiranje upozorenja- ako sustav utvrdi da je sudar vjerojatan, generira upozorenje kako bi obavijestio vozača. Upozorenja mogu imati različite oblike, kao što su vizualna upozorenja prikazana na ploči s instrumentima ili heads-up zaslonu, zvučna upozorenja putem zvučnih signala ili govornih poruka ili dodirnih informacija putem vibracija na upravljaču ili sjedalu
4. Ublažavanje sudara- u nekim naprednim sustavima upozorenja na sudar integrirane su dodatne značajke koje aktivno pomažu vozaču u izbjegavanju ili ublažavanju sudara. To može uključivati sustave autonomnog kočenja u nuždi (AEB¹), koji automatski aktiviraju kočnice kako bi smanjili ozbiljnost sudara ako vozač ne odgovori na upozorenje, ili prilagodljivi tempomat, koji može automatski prilagoditi brzinu vozila kako bi ga sigurno pratio udaljenost. Sustavi upozorenja na sudar pokazali su se učinkovitima u smanjenju učestalosti i ozbiljnosti nesreća.

¹ Autonomous Emergency Braking

Davanjem pravovremenih upozorenja i pomaganjem vozaču u hitnim situacijama, ovi sustavi mogu pomoći u sprječavanju sudara straga, nesreća s pješacima i drugih vrsta sudara sprijeda. Kao rezultat toga, sustavi upozorenja na sudar doprinose poboljšanju ukupne sigurnosti na cesti i spašavanju života. Vrijedno je napomenuti da su se sustavi upozorenja na sudar brzo razvili posljednjih godina, uz stalni napredak u senzorskoj tehnologiji, algoritmima strojnog učenja i povezanosti vozila. Ova poboljšanja omogućuju točnije i pouzdanije mogućnosti detekcije, poboljšane algoritme za donošenje odluka i integraciju s drugim sustavima vozila za poboljšano izbjegavanje sudara i cjelokupno iskustvo vožnje.

2.2.2. Sustavi za održavanje trake

Sustavi pomoći pri održavanju trake (engl. Lane-keeping assist systems), također poznati kao pomoć pri održavanju trake ili sustavi upozorenja na napuštanje trake, napredne su tehnologije pomoći vozaču koje pomažu vozačima da zadrže svoj položaj unutar trake tijekom vožnje. Ovi sustavi koriste kombinaciju senzora, kamera i sofisticiranih algoritama za kontinuirano praćenje položaja vozila na cesti.

Senzori i kamere u vozilu detektiraju oznake traka na površini ceste, kao što su pune i isprekidane linije, i prate njihov položaj u odnosu na vozilo. Algoritmi analiziraju podatke s ovih senzora kako bi odredili položaj vozila unutar trake. Ako sustav otkrije da se vozilo zanosi ili se nenamjerno sprema skrenuti s vozne trake, daje vizualna, zvučna ili taktilna upozorenja kako bi obavijestio vozača.²

U nekim sustavima, kada se vozilo zanese blizu granice prometne trake, a da vozač ne aktivira pokazivač smjera, sustav pomoći pri održavanju prometne trake može aktivno intervenirati kako bi pomogao vozaču. Nježno primjenjuje ulaze upravljača kako bi zadržao vozilo u središtu trake. Količina intervencije upravljanja može varirati ovisno o sustavu i razini angažmana vozača. Neki sustavi pružaju suptilne korekcije upravljanja, dok drugi mogu pružiti primjetnije ulaze upravljanja.

² <https://www.carwow.co.uk/guides/glossary/lane-assist-explained#ref>

Sustavi pomoći pri održavanju voznog traka dizajnirani su za rad u sprezi s vozačevim unosom i nisu namijenjeni zamjeni aktivne kontrole vozača. Vozač zadržava odgovornost za upravljanje vozilom, a sustav je tu da pruži dodatnu podršku i pomoć. Ovi sustavi su posebno korisni u situacijama u kojima umor vozača, rastresenost ili trenutni gubici pažnje mogu dovesti do nenamjernog napuštanja prometne trake.

Pomažući vozačima da ostanu unutar voznih traka, sustavi pomoći pri održavanju voznog traka doprinose poboljšanoj sigurnosti na cesti. Oni mogu pomoći u sprječavanju nesreća uzrokovanih nenamjernim promjenama voznog traka, kao što su bočna trzanja ili sudari s drugim vozilima ili objektima uz cestu.

Iako su sustavi pomoći pri održavanju voznog traka učinkovite sigurnosne značajke, oni imaju određena ograničenja. Moguće je da sustav neće funkcionirati optimalno pri lošim vremenskim uvjetima, na cestama s blijedim ili nejasnim oznakama traka ili u situacijama kada su oznake nedosljedne ili ih nema. Ključno je da vozači ostanu budni, pažljivi i spremni preuzeti kontrolu nad vozilom u svakom trenutku, čak i kada je sustav pomoći pri održavanju voznog traka aktivan.

2.2.3. Sustavi za kontrolu brzine

Sustavi za kontrolu brzine (engl. Adaptive cruise control systems) revolucionirali su iskustvo vožnje povećavajući sigurnost i udobnost na cesti. Ova napredna tehnologija koristi senzore i inteligentne algoritme za automatsku prilagodbu brzine vozila i održavanje sigurnog razmaka od vozila ispred. Ovi sustavi uz pružanje opuštenijeg iskustva vožnje, također i doprinose smanjenju vjerojatnosti nesreća uzrokovanih ljudskom pogreškom.

Primarna komponenta adaptivnog tempomata jest radar ili kombinacija radara i kamera, koji neprestano prate cestu ispred samog vozila i detektiraju prisutnost drugih vozila. Mjerenjem udaljenosti i relativne brzine ovih vozila, sustav može izračunati odgovarajuće ubrzanje i

usporavanje potrebno za održavanje unaprijed postavljene udaljenosti. Budući da je udaljenost podesiva, vozači sami mogu odrediti istu.³

Jedna od ključnih prednosti ovog sustava je njihova sposobnost prilagodbe prometnim uvjetima u stvarnom vremenu. Kada je cesta čista, sustav održava konstantnu brzinu koju je postavio vozač, funkcionirajući slično tradicionalnom tempomatu. Međutim, ako detektira sporije vozilo ispred, sustav automatski usporava kako bi održao sigurnu udaljenost. Nakon što je cesta ispred ponovno slobodna, sustav ubrzava natrag na unaprijed postavljenu brzinu, neprimjetno se prilagođavajući promjenama u protoku prometa.

ACC⁴ sustavi također uključuju dodatne sigurnosne značajke kako bi se osigurala svijest vozača i njegov odziv. Često uključuju sustave upozorenja na centralni sudar koji upozoravaju vozače ako se prebrzo približavaju vozilu.⁵

2.2.4. Sustavi za prepoznavanje prometnih znakova

Sustavi za prepoznavanje prometnih znakova (engl. Traffic-sign recognition systems) bitna su komponenta moderne prometne infrastrukture, te igraju ključnu ulogu u osiguravanju sigurnosti na cestama i učinkovitim upravljanju prometom. Ovi sustavi koriste napredne tehnologije, uključujući računalni vid i algoritme strojnog učenja, za automatsko otkrivanje i tumačenje različitih prometnih znakova prisutnih na cestama. Korištenjem kamera ili senzora instaliranih na vozilima, oni snimaju slike u stvarnom vremenu i analiziraju ih kako bi identificirali i klasificirali različite znakove, kao što su ograničenja brzine, znakovi za zaustavljanje, znakovi za prednost prolaska i mnogi drugi. Nakon prepoznavanja, sustav daje vizualna ili zvučna upozorenja vozaču, pomažući mu da ostane informiran o prevladavajućim uvjetima na cesti i da se pridržava prometnih propisa.

Povećavajući svijest o situaciji, ovi sustavi pomažu vozačima u donošenju informiranih odluka, brzo i precizno, posebno u nepoznatim područjima ili nepovoljnim vremenskim uvjetima

³ Xiao, L., & Gao, F. (2010). A comprehensive review of the development of adaptive cruise control systems. *Vehicle System Dynamics*, 48(10), 1167–1192.

⁴ Adaptive cruise control

⁵ Xiao, L., & Gao, F. (2010). A comprehensive review of the development of adaptive cruise control systems. *Vehicle System Dynamics*, 48(10), 1167–1192. doi:10.1080/00423110903365910

kada je vidljivost ugrožena. Nadalje, sustavi za prepoznavanje prometnih znakova također mogu pomoći autonomnim vozilima u kretanju složenim cestovnim mrežama razumijevanjem i učinkovitim reagiranjem na prometne znakove.⁶



Slika 1 Prikaz sustava za prepoznavanje prometnih znakova

Izvor:https://cdn.volkswagen.hr/media/Theme_Lightbox_Gallery_Image_Component/2131-gallery-3483-image/dh-664-8973f1/bb4df56f/1472519038/014-verkehrszeichenerkennung-889x500.jpg (5. 9. 2023.)

2.2.5. Sustavi za parkiranje

Sustavi pomoći pri parkiranju (engl. Parking assist systems) postali su neprocjenjiv alat za vozače, čineći zadatak parkiranja lakšim i sigurnijim. Ovi sustavi također koriste kombinaciju senzora, kamera i algoritama za pomoć vozačima u preciznom manevriranju svojih vozila na parkirna mjesta. Senzori, koji se obično nalaze na prednjem i stražnjem braniku, otkrivaju prisutnost prepreka i vozaču daju povratne informacije u stvarnom vremenu. Ove povratne informacije mogu biti u obliku vizualnih prikaza, zvučnih upozorenja ili čak taktilnih povratnih informacija, omogućujući vozaču da izmjeri udaljenost između vozila i okolnih objekata.

Postoji mnogo prednosti ovih sustava. Povećavaju povjerenje vozača eliminirajući nagađanje pri parkiranju, osobito u tijesnim ili zakrčenim prostorima. Senzori mogu otkriti

⁶ Babić, D., Babić, D., Fiolić, M., & Šarić, Ž. (2021). Analysis of Market-Ready Traffic Sign Recognition Systems in Cars: A Test Field Study. *Energies*, 14(12)

prepreke koje možda nisu vidljive u retrovizorima ili bočnim zrcalima, smanjujući rizik od sudara s nepokretnim objektima ili pješacima. Ovi sustavi također često pružaju linije navođenja ili preklapanja na zaslonu vozila, pomažući vozaču da točno poravna vozilo unutar parkirnog mjesta.

Nadalje, sustavi pomoći pri parkiranju mogu sadržavati napredne značajke poput automatskog paralelnog parkiranja. U ovom načinu rada sustav preuzima kontrolu nad upravljanjem dok vozač upravlja papučicama gasa i kočnice. Korištenjem senzora i algoritama, sustav skenira okolinu, identificira prikladna parkirna mjesta i glatko izvršava manevar parkiranja.⁷

2.2.6. Informacijski sustavi mrtvog kuta

Informacijski sustav mrtvog kuta (engl. Blind spot information systems), inovativne su sigurnosne značajke implementirane u moderna vozila kako bi se povećala svijest vozača i minimizirali rizici povezani s mrtvim kutovima. Ovi sustavi koriste napredne senzore, kamere i radare strateški postavljene oko vozila kako bi otkrili i nadzirali područja koja obično nisu vidljiva vozačevom izravnom vidnom polju.

Primarni cilj je upozoriti vozače na potencijalne opasnosti ili vozila koja se nalaze u njihovim mrtvim kutovima. Kada vozilo uđe u zonu mrtvog kuta, sustav aktivira vizualna i zvučna upozorenja kako bi obavijestio vozača o prisutnosti drugog vozila. Ova upozorenja mogu biti u obliku treptanja svjetala na bočnim retrovizorima, vibracija na upravljaču ili zvučnih upozorenja.

⁷ <https://www.carwow.co.uk/guides/glossary/parking-systems-explained#ref>



Slika 2 Prikaz sustava za nadzor mrtvog kuta

Izvor: <https://www.wapcar.my/news/do-you-know-where-are-the-blind-spots-on-your-car-739> (15. 7. 2023.)

Pružanjem informacija u stvarnom vremenu o vozilima u susjednim trakama, sustav pomaže vozačima u donošenju informiranih odluka prilikom promjene trake ili izvođenja manevara. Ova tehnologija značajno smanjuje rizik od sudara koji nastaju uslijed iznenadnih promjena prometnih traka ili spajanja u zauzete prometne trake, čime se u konačnici povećava ukupna sigurnost na cesti.

2.2.7. GPS sustav

Globalni sustav pozicioniranja (GPS) mreža je satelita i prijemnih uređaja koji se koriste za određivanje lokacije nečega na Zemlji. Neki GPS prijemnici su toliko precizni da mogu odrediti svoju lokaciju unutar jednog centimetra. GPS prijemnici daju lokaciju u zemljopisnoj širini, dužini i nadmorskoj visini. Također daju točno vrijeme. GPS uključuje 24 satelita koji kruže oko Zemlje u preciznim orbitama. Svaki satelit napravi pun krug oko Zemlje svakih 12 sati.

GPS prijemnici su programirani za primanje informacija o tome gdje se svaki satelit nalazi u bilo kojem trenutku. GPS prijamnik određuje vlastitu lokaciju mjerenjem vremena potrebnog

da signal stigne na njegovu lokaciju s najmanje četiri satelita. Budući da radiovalovi putuju konstantnom brzinom, prijamnik može koristiti mjerenje vremena za izračunavanje udaljenosti od svakog satelita.

Korištenje više satelita čini GPS podatke točnijim. Ako GPS prijamnik izračuna svoju udaljenost od samo jednog satelita, to može biti točna udaljenost od satelita u bilo kojem smjeru.

U automobilskoj industriji, GPS postaje sveprisutan, te većina automobila novih generacija već ima ugrađen GPS sustav. GPS prijamnik iscertava lokaciju automobila koja se stalno mijenja na elektroničkoj karti. Karta pruža upute do krajnjeg odredišta vozila. I lokacija i vozilo ucrtavaju se pomoću satelitskih podataka.

Ponekad postoje prepreke za dobivanje jasnog GPS signala. Gravitacija može malo povući GPS satelite iz orbite. Dijelovi Zemljine atmosfere ponekad iskrivljuju satelitske radio signale. Drveće, zgrade i druge strukture također mogu blokirati radio valove, pogotovo u samom centru grada. Stoga GPS pogreške još uvijek mogu biti velike.⁸



Slika 3 GPS Sustav

Izvor: <https://shorturl.at/ktEIP> (15. 7. 2023.)

⁸ <https://education.nationalgeographic.org/resource/gps/>

2.2.8. Head-up zaslon

Head-up zaslon (engl. Head-up display) transparentan je zaslon koji prikazuje podatke bez potrebe da vozači pomiču pogled sa svojih uobičajenih točaka gledišta. HUD⁹ postaju sve češći u automobilima, te prikazuju informacije poput brzine, navigacijskih uputa, poruka upozorenja i slično. HUD radi tako da projicira sliku na prozirni zaslon, koja se zatim reflektira u očima vozača. Slika se projicira na način da izgleda kao da „lebdí“ iznad stvarnog svijeta.

Za razliku od klasičnih instrumentnih ploča, HUD nudi brojne prednosti. Vozačima omogućuju da drže pogled na cesti, što uvelike može poboljšati sigurnost. Također, HUD može prikazati znatno više informacija od klasične instrumentne ploče, a da pritom ne bude preopterećen. Nadalje, mogu se prilagoditi za prikaz informacija koje su korisniku najvažnije.

Head-up zaslone nude brojne prednosti u odnosu na druge instrumentne ploče kao na primjer:

- Omogućuje korisniku da drži pogled na cestu što uvelike smanjuje rizik od nesreća
- Mogu prikazati navigacijske poruke i upozorenja bez potrebe za odmicanjem pogleda s ceste što može biti od velike pomoći kada se prometuje nepoznatim prometnicama ili u teškim uvjetima vožnje
- Zbog eliminiranja potrebe za konstantnim gledanjem gore-dolje na instrument ploču, HUD smanjuje umor vozača
- Pružajući povratne informacije vozaču, Head-up zaslon može pomoći vozačima da poboljšaju svoju izvedbu te im pruže povratne informacije u stvarnom vremenu o brzini vožnje, potrošnji goriva i ostalim bitnim pokazateljima

⁹ Head Up Display



Slika 4 Prikaz Head-Up Zaslona

Izvor: <https://magic-holo.com/en/all-about-head-up-displays-hud/> (5. 9. 2023.)

2.2.9. Sustavi za automatsko upravljanje svjetlima

Ovi sustavi koriste razne senzore kako bi se otkrili uvjeti izvan vozila te njima prilagodila prednja svjetla. Najčešći tip automatskog upravljanja svjetlima jest onaj koji se temelji na fotoćelijama. Takva vrsta sustava koristi senzor fotoćelije za mjerenje količine svjetla koja se nalazi izvan vozila. Ako ta razina svjetlosti padne ispod određenog praga, sustav automatski uključuje prednja svjetla.

Neki automatski sustavi koriste druge senzore, poput GPS-a i kamere koja je okrenuta naprijed. Takvi senzori mogu se koristiti za pružanje preciznije i sofisticiranije kontrole prednjih svjetala. GPS senzor može se koristiti za uključivanje svjetala u tunelu ili na slabo osvijetljenom području. Također, postoji i vrsta sustava koja je usko povezana sa senzorima za kišu, jer kada senzor za kišu otkrije kišu, sustav automatski uključuje brisače vjetrobrana, ali i prednja svjetla.

Sustavi za automatsko upravljanje svjetlima nude brojne prednosti. Ovi sustavi mogu pomoći u:

- Poboljšanju sigurnosti- uključivanjem prednjih svjetala kada su potrebna i njihovim isključivanjem kada nisu potrebna; to može pomoći u smanjenju rizika od nezgoda noću i u uvjetima slabog osvjetljenja
- Eliminira se potreba za ručnim paljenjem i gašenjem svjetala, što čini vožnju praktičnijom
- Budući da prednja svjetla troše značajnu količinu energije, automatski sustavi pomoći će pri uštedi goriva isključivanjem svjetla kada nisu potrebna

3. TEHNOLOGIJE I PRIMJENA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM

Budući razvoj prometnica uvjetovan je sve većom automatizacijom motornih vozila kako bi vožnja za vozače, ali ujedno i putnike bila sigurnija i ugodnija. U nastavku su navedene tehnologije i sama primjena automatskog upravljanja vozilom.

3.1. INTELIGENTNI SENZORI U VOZILU

Inteligentni senzori u vozilima predstavljaju revolucionarni napredak u automobilske tehnologiji, način na koji automobili percipiraju i komuniciraju s okolinom mijenjaju se upravo zbog tih istih senzora. Konvencionalni senzori obično izvode mjerenja s jednim zadatkom, a inteligentni senzori uključuju sofisticirane algoritme i mogućnosti primjene umjetne inteligencije (AI - Artificial Intelligence), što im omogućuje tumačenje složenih podataka i donošenje informiranih odluka. Inteligentni senzori opremljeni su različitim senzorskim modalitetima kao što su kamere, LiDAR, radar, ultrazvuk i napredni GPS sustavi, te pomoću njih prikupljaju mnoštvo informacija u stvarnom vremenu o okolini vozila, uključujući uvjete na cesti, obrasce prometa, kretanje pješaka i potencijalne opasnosti. Spajajući i analizirajući te podatke, oni vozilima pružaju sveobuhvatnu svijest o situaciji, povećavajući sigurnost, učinkovitost i autonomiju. Ovi senzori igraju ključnu ulogu u omogućavanju naprednih sustava za pomoć vozaču i funkcionalnosti autonomne vožnje. U nastavku su opisani ti inteligentni sustavi.

3.1.1. Senzori za parkiranje

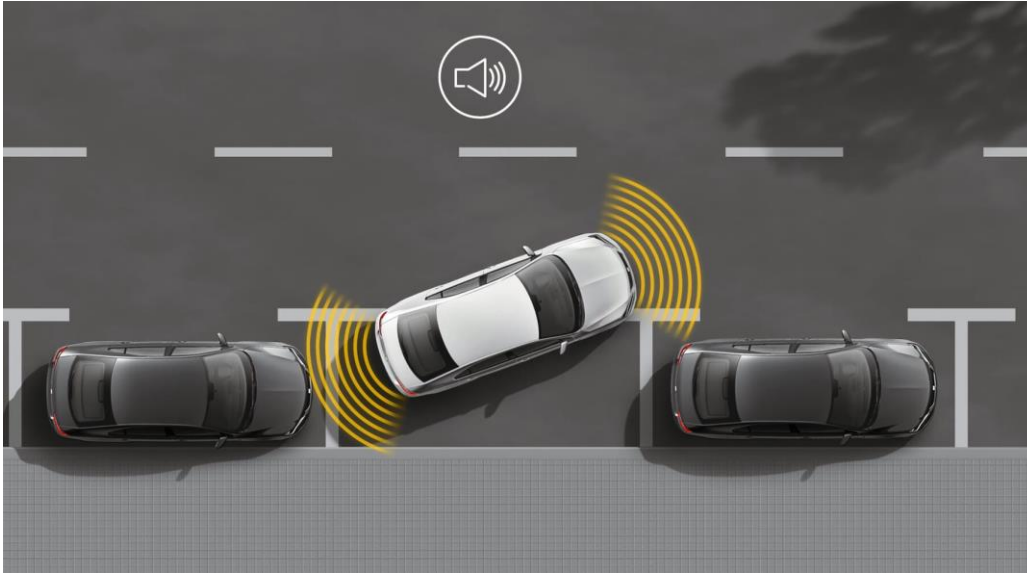
Parkirni senzori, poznati kao senzori blizine ili ultrazvučni senzori, sofisticirani su elektronički uređaji dizajnirani za povećanje sigurnosti i udobnosti manevara parkiranja u vozilima. Obično su integrirani u prednji i stražnji branik, a u nekim naprednim sustavima mogu se postaviti i duž bočnih strana vozila. Ovi senzori koriste ultrazvučne valove za mjerenje udaljenosti između vozila i obližnjih objekata ili prepreka.

Kada se vozilo nalazi u brzini za vožnju unatrag ili se približi prepreci, aktivira se sustav senzora za parkiranje. Senzori emitiraju ultrazvučne impulse koji putuju prema van u svim smjerovima. Kada ti impulsi naiđu na objekt, odbijaju se natrag prema sensorima. Mjerenjem vremena koje je potrebno da se impulsi vrate, sustav može točno izračunati udaljenost između vozila i prepreke.

Ugrađeno računalo vozila zatim obrađuje prikupljene podatke koje ih prevodi u povratnu informaciju u stvarnom vremenu za vozača. Ova povratna informacija može biti u obliku zvučnih upozorenja, kao što su zvučni signali čija se učestalost povećava kako se vozilo približava prepreci. U nekim vozilima, vizualna upozorenja na nadzornoj ploči ili zaslonu također se mogu koristiti za pružanje dodatnih smjernica.

Parkirni senzori ključna su sigurnosna značajka, posebno u modernim urbanim sredinama s tijesnim parkirnim mjestima i prometnim ulicama. Pomažu vozačima da izbjegnu sudare sa zidovima, rubnicima ili drugim vozilima, kao i pješacima ili drugim objektima koji mogu biti zaklonjeni iz vidokruga vozača.

Kako tehnologija napreduje, neki sustavi senzora za parkiranje također su opremljeni naprednim značajkama, kao što su automatsko kočenje ili upravljanje, kako bi se spriječile nesreće kada se otkrije neizbježan sudar. Osim toga, neka vrhunska vozila mogu integrirati parkirne senzore sa sustavima kamera, omogućujući sveobuhvatniji pregled okoline vozila i dodatno poboljšavajući cjelokupno iskustvo parkiranja.



Slika 5 Prikaz parkirnih senzora

Izvor: <https://www.seat.co.uk/content/dam/public/seat-website/> (12. 8. 2023.)

3.1.2. Senzori za kišu

Senzori za kišu u vozilima integrirani su u vjetrobransko staklo za otkrivanje prisutnosti kišnih kapi. Koristeći naprednu tehnologiju, optički ili infracrveni senzori, kontinuirano skeniraju površine vjetrobranskog stakla u potrazi za kapljicama vode.

U trenutku nakupljanja kapi kiše na staklu, one mijenjaju obrasce refleksije i loma svjetlosti koja prolazi kroz vjetrobransko staklo. Senzor za kišu otkriva te promijenjene uzorke, omogućujući mu određivanje razine vlage prisutne na staklu. Osjetljivost senzora pažljivo je kalibrirana kako bi razlikovala laganu kišu od jake kiše te samim time osigurava točne i brze reakcije.

Nakon otkrivanja kiše, senzor za kišu šalje signale elektroničkoj upravljačkoj jedinici vozila koja je odgovorna za upravljanje različitim sustavima, uključujući brisače vjetrobrana. Upravljačka jedinica tumači signale i aktivira brisače vjetrobranskog stakla odgovarajućom brzinom i intervalom, u skladu s intenzitetom kiše. U nekim naprednim sustavima, brzina brisača može se automatski prilagoditi u stvarnom vremenu na temelju otkrivene količine kiše, pružajući učinkovito i precizno brisanje.

Senzori za kišu značajno povećavaju udobnost i sigurnost vozača. Vozači više ne moraju ručno podešavati brzinu i intervale brisača jer sustav inteligentno rješava taj zadatak, dopuštajući im da se više usredotoče na cestu ispred sebe. Automatska aktivacija brisača osigurava da vjetrobransko staklo ostane čisto i pruža optimalnu vidljivost čak i tijekom iznenadnih pljuskova ili povremenih pljuskova, smanjujući rizik od nesreća uzrokovanih smanjenom vidljivošću.

Štoviše, senzori za kišu često rade zajedno s drugim sigurnosnim sustavima vozila, poput automatskih prednjih svjetala. Kada se detektira kiša, senzor za kišu može aktivirati automatsku aktivaciju prednjih svjetala kako bi osigurao da vozilo ostane vidljivo drugim sudionicima u prometu, dodatno povećavajući sigurnost tijekom nepovoljnih vremenskih uvjeta.



Slika 6 Primjer senzora za kišu

Izvor: <https://www.autoglassexpress.com/wp-content/uploads/2022/02/Rain-Sensor.jpg>

3.1.3. Senzori tlaka u gumama

TPM¹⁰ senzori bitne su komponente u modernim vozilima dizajnirane za praćenje tlaka zraka u svakoj gumi. Ti se senzori obično ugrađuju unutar guma, bilo pričvršćeni na stablo ventila ili integrirani u samu strukturu gume. TPM senzori kontinuirano mjere tlak u gumama i šalju te podatke sustavu ugrađenog računala vozila.

Ako tlak u gumama padne ispod određenog praga, TPM sustav pokreće upozorenje za vozača, obično u obliku svjetlosnog indikatora na kontrolnoj ploči ili digitalnog zaslona. Ova neposredna obavijest omogućuje vozaču da poduzme brzu akciju i riješi problem niskog tlaka u gumama prije nego što potencijalno dovede do nesigurnih uvjeta vožnje ili oštećenja gume.

TPM senzori igraju ključnu ulogu u poboljšanju sigurnosti vozila, optimiziranju učinkovitosti goriva i produljenju životnog vijeka guma, jer je održavanje odgovarajućeg tlaka u gumama ključno za optimalno upravljanje, učinkovitost kočenja i ukupnu sigurnost na cesti.



Slika 7 TPM Senzori

Izvor: <https://www.1010tires.com/Accessories/ITM/UNI-Sensor/UNISensor> (23. 8. 2023.)

¹⁰ Tire Pressure Monitoring

Razlikuju se dvije vrste TPM senzora:

- **Indirektni senzori** mjere broj okretaja svakog kotača, a računalni sustavi ih onda uspoređuju međusobno i s drugim podacima o radu vozila, poput brzine.

Bazirani na temelju stope broja okretaja svakog kotača, računalo mjeri relativnu veličinu guma i kada se kotači počnu okretati brže nego očekivano, računalo gumu prepoznaje kao praznu i upozorava vozača na gubitak tlaka.

Indirektni sustav kontrole tlaka u gumama zapravo ne mjeri pritisak već po broju okretaja i brzini istih, vozaču daje upozorenje o tlaku¹¹

- **Direktni senzori** prati specifičnu razinu pritiska pomoću mjera pritiska tlaka u svakoj od guma. Direktni sustav praćenja može pružiti i informacije o temperaturi te sve svoje podatke šalje u centralizirani upravljački modul gdje se ti podaci analiziraju, interpretiraju i, ako je tlak u gumama niži nego što bi trebao biti, podaci se prenose izravno na kontrolnu ploču na kojoj se pali žuta lampica kao upozorenje.

Svaki od senzora ima svoj jedinstveni serijski broj koji pomaže u preciznijoj obradi podataka između sebe i sustava na drugim vozilima, ali i očitavanju tlaka za svaku pojedinu gumu.¹²

3.2. TEHNOLOGIJE ZA POVEZIVANJE VOZILA S OKOLINOM

Tehnologije za povezivanje vozila s okolinom, poznate kao V2X (Vehicle-to-Everything), predstavljaju ključni element u razvoju inteligentnog prometa.

Ove tehnologije omogućavaju vozilima da komuniciraju s drugim vozilima (V2V- Vehicle-to-Vehicle), infrastrukturom (V2I- Vehicle-to-Infrastructure), pješacima (V2P- Vehicle-to-Pedestrians) i mrežom (V2N- Vehicle-to-Network), čime se stvara sveobuhvatna i efikasna mreža koja optimizira sigurnost i efikasnost cestovnog prometa.

¹¹ <https://www.vulkal.hr/sto-je-tpms-senzor-i-na-koji-nacin-radi>

¹² <https://www.vulkal.hr/sto-je-tpms-senzor-i-na-koji-nacin-radi>

V2V komunikacija omogućava vozilima da razmjenjuju informacije direktno međusobno. Na primjer, vozilo može obavještavati druga vozila o svojoj brzini, položaju, smjeru kretanja ili potencijalnim opasnostima. Ovo omogućava brže i preciznije reagiranje u hitnim situacijama i smanjuje rizik od sudara.



Slika 8 Prikaz V2V tehnologije

Izvor: <https://www.gihub.org/infrastructure-technology-use-cases/case-studies/vehicle-to-vehicle-v2v-connectivity/n> (19. 6. 2023.)

V2I komunikacija se odnosi na povezivanje vozila s infrastrukturom, kao što su semafori, znakovi, pametni putokazi i kontrolni centri. Ova komunikacija omogućava vozilima da dobivaju informacije o prometnim uvjetima, gužvama, ograničenjima brzine i drugim relevantnim podacima. Na primjer, vozilo može prilagoditi brzinu kako bi stiglo do sljedećeg zelenog svjetla, smanjiti brzinu u zoni gdje su škole ili primiti upozorenje o opasnosti unaprijed.

V2P komunikacija omogućava vozilima da razmjenjuju informacije s pješacima, biciklistima ili drugim sudionicima u prometu. Ovo može uključivati upozorenja za pješake kada se vozilo približava, čime se povećava sigurnost za sve sudionike u prometu.

V2N komunikacija povezuje vozila s centraliziranom mrežom, što omogućava razmjenu informacija s nadležnim organima, servisnim centrima i ostalim sustavima. Na primjer, ova tehnologija omogućava prijenos informacija o uvjetima u prometu, vremenskim prognozama ili hitnim situacijama, kako bi se vozači na vrijeme upozorili i poduzele odgovarajuće akcije.

3.3. TEHNOLOGIJE I ALGORITAMI ZA OBRADU PODATAKA

Tehnologije i algoritmi za obradu podataka igraju ključnu ulogu u analizi i donošenju informiranih odluka na temelju velikih skupova podataka. Ovi alati omogućuju izdvajanje značajnih informacija, identifikaciju obrazaca i otkrivanje skrivenih odnosa unutar podataka. Neki od ključnih tehnologija i algoritama koji se koriste u obradi podataka za automatsko upravljanje vozilom su sljedeći:

- **Strojno učenje** je grana umjetne inteligencije koja se fokusira na razvoj algoritama koji omogućuju računalima da uče iz podataka i donose predviđanja ili odluke bez eksplicitnog programiranja. To uključuje nadzirano učenje (gdje model koristi označene podatke za obuku), nenadzirano učenje (gdje model pronalazi uzorke u neoznačenim podacima) i učenje s potkrepljenjem (gdje model uči putem pokušaja i pogrešaka).
- **Duboko učenje** je potpolje strojnog učenja koje koristi neuronske mreže s mnogo slojeva za obradu podataka. Ove duboke neuronske mreže mogu naučiti apstraktne prikaze podataka i učinkovito rješavati složene zadatke kao što su prepoznavanje slika, obrada prirodnog jezika ili analiza velikih skupova podataka.
- **LiDAR tehnologija** (engl. Light Detection and Ranging) metoda je daljinskog očitavanja koja igra ključnu ulogu u raznim industrijama, uključujući i autonomna vozila. Ova tehnologija koristi laserske impulse za mjerenje udaljenosti do objekata analizirajući vrijeme koje je potrebno da se svjetlost reflektira natrag na senzor.

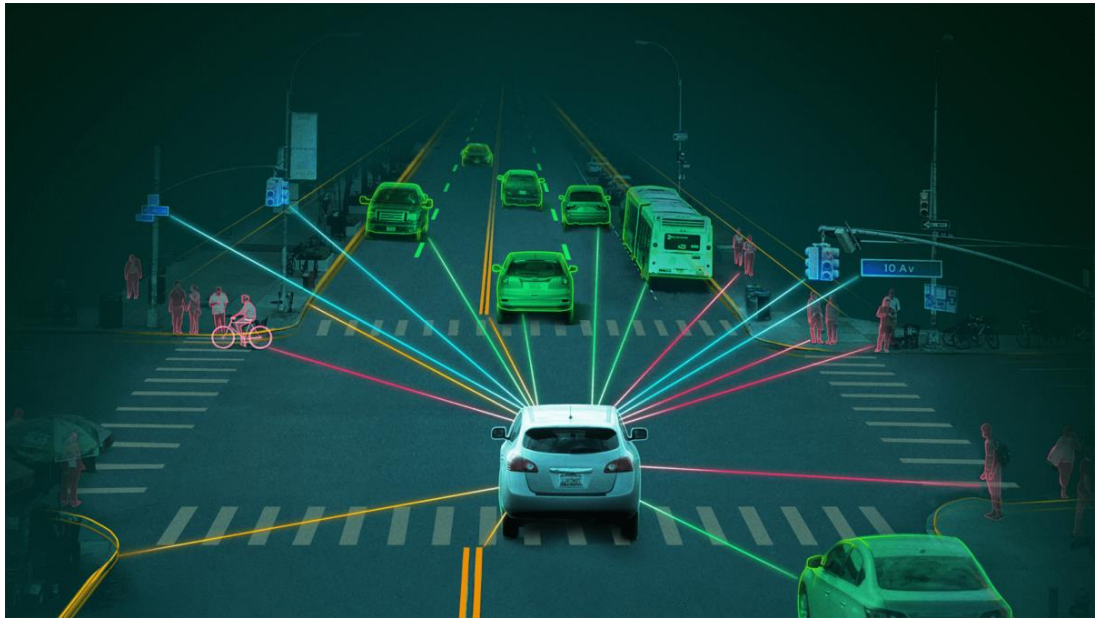
Sustav LiDAR sastoji se od tri glavne komponente: laserskog skenera, GPS prijamnika i inercijske mjerne jedinice (IMU).¹³

U kontekstu autonomnih vozila, LiDAR igra ključnu ulogu u pružanju 3D mapiranja okoline vozila u stvarnom vremenu visoke rezolucije. Postavljen na krov

¹³ Inertial Measurement Unit

vozila ili integriran u karoseriju, LiDAR skener emitira brze pulseve laserskog svjetla u različitim smjerovima.

Kada te laserske zrake naiđu na objekte, odbijaju se natrag do senzora, omogućujući sustavu da izračuna preciznu udaljenost i stvori detaljan prikaz točaka okoline.



Slika 9 Prikaz LiDAR tehnologije

Izvor: [https://researchleap.com/research-in-autonomous-driving-a-historic-bibliometric-view-of-the-research-development-in-autonomous-driving/\(9.9.2023.\)](https://researchleap.com/research-in-autonomous-driving-a-historic-bibliometric-view-of-the-research-development-in-autonomous-driving/(9.9.2023.))

Prednosti LiDAR tehnologije su iznimna točnost, brzina i pouzdanost. LiDAR tehnologija generira milijune podatkovnih točaka u sekundi, te samim time nudi neusporedivu razinu detalja i percepcije za autonomna vozila za sigurno kretanje kroz složeno i dinamično okruženje. Tradicionalnih kamere, za razliku od LiDAR tehnologije, ovise o vidljivom svjetlu. Samim time LiDAR je posebno vrijedan u uvjetima slabog osvjetljenja i nepovoljnih vremenskih uvjeta.

S LiDAR podacima u kombinaciji s drugim sensorima kao što su kamere i radari, autonomna vozila mogu izgraditi sveobuhvatno razumijevanje svoje okoline. Algoritmi strojnog učenja zatim mogu obraditi ovaj bogati skup podataka za otkrivanje i klasificiranje objekata, kao što su pješaci, vozila i prepreke,

omogućujući sustavu upravljanja vozilom da donosi informirane odluke u stvarnom vremenu, kao što je prilagođavanje brzine, planiranje putanje i izbjegavanje potencijalnih opasnosti.

Uz mnoge prednosti koje nudi, ova tehnologija suočava se i s nekim izazovima. Njegovu široku upotrebu u osobnim vozilima sprječava njegova relativno visoka cijena. Međutim, stalni napredak u LiDAR tehnologiji, uključujući razvoj solid-state i pristupačnijih sustava, rješava ovu zabrinutost.¹⁴

3.4. PRIMJENE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM

Automatsko upravljanje vozilom, također je poznato i kao autonomna vožnja, te ima širok raspon primjena koje imaju potencijal transformirati prijevoz i mobilnost na značajan način.

Za pojedince, ova vozila mogu ponuditi prikladan i siguran način osobnog prijevoza. Putnici se daje mogućnost da jednostavno unesu svoje odredište, a vozilo zatim preuzima brigu o vožnji, oslobađajući putnike da se uključe u druge aktivnosti tijekom putovanja na posao i slično.

Uz autonomne automobile postoje i autonomni autobusi i shuttle-ovi koji mogu poboljšati mreže javnog gradskog prijevoza. Kako bi se brže dostavljala roba i smanjila potreba za vozačima, autonomna vožnja primjenjuje se i u svrhe dostave koja optimiziraju logističke i distribucijske procese. Ova vozila mogu se koristiti i u tvornicama i skladištima za učinkovit prijevoz robe, materijala i proizvoda, pojednostavljajući proizvodne procese. Kada je riječ o kamionskoj industriji, ona može imati koristi od autonomnih kamiona koji mogu raditi neprekidno, poboljšavajući učinkovitost i smanjujući rizik od nesreća uzrokovanih umorom vozača.

Autonomna vozila također se primjenjuju i u poljoprivredi. Opremljena su naprednim sensorima i algoritmima umjetne inteligencije. Poljoprivredni poslovi poput sadnje,

¹⁴ Warren, M. E. (2019). Automotive LIDAR Technology. 2019 Symposium on VLSI

navodnjavanja i žetve mogu se obavljati autonomnim vozilima i samim time smanjiti potrebu za ručnim radom što uvelike pomaže u ljetnim mjesecima.

Jedna od ključnih i važnih primjena autonomne vožnje jest i u hitnim i spasilačkim službama. Autonomna vozila mogu se koristiti u hitnim situacijama, kao što je dostava medicinskih potrepština, dolazak do udaljenih područja tijekom katastrofa ili pomoć u operacijama potrage i spašavanja pogotovo u teško dostupnim mjestima.

Kako autonomna vozila komuniciraju međusobno i s prometnom infrastrukturom, mogu pridonijeti učinkovitijem protoku prometa, smanjujući gužve i vjerojatnost nesreća.

4. OBLICI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM

Automatsko upravljanje vozilom može se ostvariti različitim oblicima, ovisno o razini autonomije i sudjelovanju vozača. Postoji pet glavnih razina autonomije koje je definirao SAE¹⁵

1. Razina 0 ne uključuje automatizaciju te je vozilo potpuno pod kontrolom vozača, a sve radnje i odluke u vožnji donosi čovjek. Ovo je tradicionalni oblik vožnje u kojem su prisutni klasični mehanički i elektronički sustavi za pomoć vozaču
2. Razina 1 obuhvaća pomoć u vožnji te u ovom obliku, vozilo ima pojedine funkcije pomoći vozaču, poput automatskog kočenja, prilagodljivog tempomata ili sustava za održavanje trake. No uz sve navedene funkcije, vozač još uvijek mora pratiti situaciju i ostati aktivan u vožnji
3. Razina 2 jest djelomična automatizacija. Na ovoj razini, automobil pomaže vozaču da vozilo može istovremeno kontrolirati upravljanje i kočenje/ubrzanje u određenim okolnostima. Vozač ovdje i dalje posvećuje cjelokupnu pozornost na cestu i okolinu te mora u svakom drugom trenutku i dalje obavljati vožnju. Uobičajeno je da razina 2 omogućava automatiziranu vožnju na autocesti
4. Razina 3- kod ove razine, vozilo može potpuno preuzeti kontrolu nad vožnjom u određenim situacijama i uvjetima, poput vožnje na autoputu ili u gradu s kontroliranim pristupom. Vozač se može posvetiti drugim aktivnostima, ali mora biti spreman preuzeti kontrolu kada vozilo zatraži.
5. Razina 4 jest visoka automatizacija u kojoj vozilo može potpuno autonomno upravljati u određenim okolnostima i uvjetima bez potrebe za intervencijom vozača. Ova razina obuhvaća određene ograničene uvjete, kao što je vožnja unutar definirane mape ili u specifičnim vremenskim uvjetima
6. Razina 5 poznata je kao potpuna automatizacija gdje je vozilo potpuno autonomno i sposobno je upravljati u svim uvjetima i situacijama bez potrebe za vozačem u vozilu, a

¹⁵ Society of Automotive Engineers

putnici su samo putnici, nikada ne moraju biti uključeni u vožnju te je vozač potpuno nepotreban¹⁶

Suvremeni automobili često kombiniraju različite oblike automatizacije, koristeći senzore, kamere, radare i napredne algoritme kako bi poboljšali sigurnost, udobnost i efikasnost vožnje. Njihov razvoj i primjena nastavljaju napredovati kako bi se ostvarila vizija potpuno autonomnih vozila u budućnosti.

4.1. POLU AUTONOMNA VOZILA

Polu autonomna vozila, također poznata kao razina 2 i razina 3 autonomije prema SAE¹⁷ definiciji, predstavljaju važnu prekretnicu u tekućem razvoju automobilske tehnologije. Ova su vozila dizajnirana za postizanje ravnoteže između potpune autonomije i tradicionalne ljudske vožnje, integrirajući napredne sustave pomoći vozaču kako bi se poboljšala sigurnost, praktičnost i cjelokupno iskustvo vožnje.

Ova vozila kombiniraju različite napredne tehnologije i senzore kako bi pružila pomoć vozaču, ali ne mogu samostalno obaviti sve aspekte vožnje.

Nekoliko ključnih karakteristika i mogućnosti polu autonomnih vozila uključuju:

- Adaptivni tempomat
- Sustav za zadržavanje trake
- Automatsko kočenje u slučaju opasnosti
- Automatsko parkiranje
- Asistencija u promjeni trake
- Upravljanje i ubrzavanje u gužvama: Neki polu autonomni sustavi mogu samostalno upravljati i ubrzavati vozilo u prometnim gužvama, smanjujući stres vozača i povećavajući udobnost vožnje.

¹⁶ <https://www.bug.hr/transport/autonomna-cestovna-vozila-robote-vozi-polako-20775>

¹⁷ Society of Automotive Engineers

Iako ove značajke uvelike poboljšavaju sigurnost i praktičnost, važno je napomenuti da polu autonomna vozila i dalje zahtijevaju aktivno sudjelovanje vozača. Vozač mora ostati pažljiv i spreman preuzeti kontrolu nad vozilom u bilo kojem trenutku, jer ovi sustavi nisu namijenjeni da u potpunosti zamijene ljudski nadzor. Stoga pojam "polu autonomni" naglašava ulogu suradnje između vozila i vozača, kombinirajući najbolje od ljudskog donošenja odluka s preciznošću i točnosti automatiziranih sustava.

Razvoj i implementacija polu autonomnih tehnologija potaknuli su rasprave o budućnosti prometa i sigurnosti na cestama. Zagovornici tvrde da ovi sustavi mogu značajno smanjiti nesreće uzrokovane ljudskom pogreškom, dok kritičari naglašavaju važnost sveobuhvatnog testiranja, propisa i obrazovanja vozača kako bi se osigurala sigurna implementacija.

Kako tehnologija napreduje i postaje sve sofisticiranija, industrija se kreće prema višim razinama autonomije, s krajnjim ciljem potpuno samoupravnih vozila. Međutim, prijelaz na potpuno autonomna vozila uključuje brojne tehničke, etičke i regulatorne izazove koji se moraju pažljivo riješiti kako bi se osigurala sigurna i besprijekorna integracija u naše prometne sustave. U međuvremenu, polu autonomna vozila nastavljaju premošćivati jaz, pružajući uvid u budućnost mobilnosti, a istovremeno zadržavajući ljudske vozače u središtu iskustva vožnje.

Važno je napomenuti da iako polu autonomna vozila mogu pružiti značajnu pomoć i sigurnosne funkcije, vozač uvijek treba ostati svjestan okoline i biti spreman preuzeti kontrolu u slučaju potrebe. Polu autonomna vozila predstavljaju prijelazni korak prema potpuno autonomnoj vožnji i predstavljaju važan segment razvoja autonomnih tehnologija u automobilske industriji.

4.2. POTPUNO AUTONOMNA VOZILA

Potpuno autonomna vozila vrhunski su napredak u automobilske tehnologiji. Za razliku od polu autonomnih vozila, koja zahtijevaju ljudsku intervenciju i nadzor, potpuno autonomna vozila mogu raditi bez ikakvog izravnog ljudskog utjecaja ili kontrole. Ova vozila koriste kombinaciju naprednih senzora, kamera, radara, lidarskih sustava i snažnih ugrađenih računala,

integriranih sa sofisticiranim algoritmima umjetne inteligencije, za opažanje okoline i donošenje složenih odluka tijekom navigacije na cesti.

Potpuno autonomna vozila spadaju u Razinu 5, gdje vozilo može obavljati sve zadatke vožnje, u svim uvjetima, bez potrebe za ljudskom intervencijom. To uključuje rukovanje različitim prometnim scenarijima, semaforima, pješacima, nepovoljnim vremenskim uvjetima, pa čak i složenim urbanim okruženjima.

Potencijalne prednosti potpuno autonomnih vozila su na zavidnoj visini. Sigurnost je često spominjana kao jedna od primarnih prednosti, budući da su ljudske pogreške i smetnje odgovorne za većinu prometnih nesreća. Uz eliminaciju ljudske pogreške, potpuno autonomna vozila imaju potencijal značajno smanjiti broj prometnih nesreća i spasiti nebrojene živote.

Također, potpuno autonomna vozila imaju veliki potencijal revolucionirati prijevoz, čineći ga učinkovitijim i pristupačnijim. Oni mogu optimizirati protok prometa, smanjiti gužve i poboljšati učinkovitost goriva. Ova bi vozila također mogla donijeti veću mobilnost osobama s invaliditetom ili onima osobama koje ne mogu voziti, poboljšavajući njihovu neovisnost i kvalitetu života.

Međutim, bitno je napomenuti kako razvoj i uvođenje takvih vozila uključuje brojne izazove. Osiguravanje sigurnosti i pouzdanosti tehnologije od najveće je važnosti jer svaki kvar može imati teške posljedice. Nadalje, etička razmatranja, kao što je određivanje načina na koji bi vozilo trebalo reagirati u mogućim scenarijima nesreće, pokreću složene moralne dileme koje zahtijevaju pažljivo razmatranje i raspravu.

Kako tehnologija nastavlja sazrijevati i uspostavljaju se regulatorni okviri, može se očekivati da će buduće generacije svjedočiti značajnijem napretku u potpuno autonomnim vozilima i njihovoj integraciji u njihov svakodnevni život.

5. PREDNOSTI I IZAZOVI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM

Otkako su stvorena prva motorna vozila, automobilska industrija nije se prestala razvijati. Posljednjih nekoliko godina, s lansiranjem prvih električnih automobila na tržište, taj se tempo još više ubrzao. Automobilska industrija pokazala je dinamiku u skladu s trendovima i zahtjevima sadašnjeg i budućeg društva.

Ova sposobnost prilagodbe od strane automobilske industrije dovela ju je do traženja novih oblika mobilnosti. U tu svrhu nastojala je kombinirati nove tehnologije, poput umjetne inteligencije i internet stvari, što je dovelo do nove velike revolucije u industriji, pojave autonomnih vozila.

Autonomna vozila stvorena su za poticanje prosperiteta društava. Mnoge studije pokazale su da automatsko upravljanje vozilom može znatno ublažiti, ali i eliminirati, postojeće troškove koji uključuju visoku cijenu goriva (koja izravno utječe i na ovisnost o javnom prijevozu), prometne gužve, nesreće, degradaciju okoliša i sigurnost. Unatoč brojnim prednostima automatsko upravljanje vozilom također se suočava i s brojnim izazovima. Unatoč brojnim izazovima, vjeruje se da su ti izazovi uvelike nadmašeni prednostima.

5.1. PREDNOSTI AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM

Ključne prednosti automatskog upravljanja vozilom su sljedeće:

- **Poboljšana sigurnost** jedna je od primarnih prednosti autonomnih vozila, koja uključuje smanjenje prometnih nesreća i spašavanje ljudskih života. Poznato je da je ljudska pogreška najčešći uzrok nastanka istih. Međutim, zahvaljujući vozilima koja su međusobno povezana i u stalnoj su komunikaciji, primjenom automatskog upravljanja, nesreće se značajno smanjuju. Važno je napomenuti kako nesreće neće

biti svedene na nulu, no bit će ih puno manje od nesreća izazvanih ljudskom vožnjom.¹⁸

- **360° Vision** - Zahvaljujući visoko preciznoj tehnologiji, autonomna vozila posjeduju mogućnost promatranja okoliša u rasponu od 360°, što je dvostruko više od ljudi, koji imaju kut gledanja od samo 180° horizontalno.¹⁹
- **Smanjenje prometnih gužvi** - Autonomna vozila mogu komunicirati jedna s drugim i s prometnom infrastrukturom, što dovodi do učinkovitijeg protoka prometa i smanjenja gužvi. Također mogu optimizirati rute i obrasce vožnje, što dovodi do glatkog kretanja u prometu.²⁰
- **Poboljšana mobilnost za starije osobe i osobe s invaliditetom** - Autonomna vozila mogu pružiti povećanu mobilnost za osobe s invaliditetom i starijim osobama koje više nisu u mogućnosti voziti. Ova novonastala neovisnost može im poboljšati kvalitetu života i omogućiti im aktivnije sudjelovanje u društvu.
- **Energetska učinkovitost** - vožnjom na učinkovitiji način, autonomna vozila omogućuju smanjene potrošnje goriva i nižih emisija stakleničkih plinova. To može pridonijeti naporima u borbi protiv klimatskih promjena i smanjenju onečišćenja zraka. Očekuje se da će ova vozila u skoroj budućnosti raditi na bazi čiste energije, tako da će emisije ugljika i stakleničkih plinova biti praktički nula. Usvajanje autonomnih vozila čak i razine 1, 2 i 3 dovest će do optimiziranog vožnje i tehnologije, koja se naziva i eko-vožnja.²¹
- **Ušteda vremena** - putnici u autonomnim vozilima mogu produktivnije koristiti vrijeme putovanja. Za samo vrijeme vožnje mogu raditi, opušati se ili sudjelovati u slobodnim aktivnostima tijekom svojih putovanja, što potencijalno može dovesti do poboljšane ravnoteže između poslovnog i privatnog života.

¹⁸ <https://www.bbva.ch/en/news/advantages-and-disadvantages-of-autonomous-vehicles/>

¹⁹ <https://www.bbva.ch/en/news/advantages-and-disadvantages-of-autonomous-vehicles/>

²⁰ Krasniqi, X., & Hajrizi, E. (2016). Use of IoT Technology to Drive the Automotive Industry from Connected to Full Autonomous Vehicles. IFAC-PapersOnLine, 49(29), 269–274.

²¹ Krasniqi, X., & Hajrizi, E. (2016). Use of IoT Technology to Drive the Automotive Industry from Connected to Full Autonomous Vehicles. IFAC-PapersOnLine, 49(29), 269–274.

- **Parkiranje** - prilikom korištenja autonomnih vozila, ona mogu ostaviti putnike i zatim sama pronaći parkirna mjesta. Samim time smanjuje se potreba za velikim parkiralištima i garažama u urbanim područjima i u samom centru grada, te se ona mogu osloboditi za drugu upotrebu.
- **Bolje iskorištenje površina** - prednost je koja je usko vezana s prednosti parkiranja. Autonomna vozila mogu imati dugotrajan utjecaj na korištenje zemljišnih površina. Vrijednost zemljišta proporcionalno se povećava svojom blizinom do središnjeg grada gdje se također nalaze i poslovna središta. Autonomna vozila mogu rezultirati daljnjim rastom predgrađa, ali mogu čak utjecati na razvoj izvangradska područja zbog izgradnje parkirnih mjesta.²²
- **Propusna moć ceste** - Autonomna vozila omogućuju konstantno ubrzanje i kočenje te mogu neumorno pratiti tijekom zbivanja prometnog okruženja. Stoga, autonomna vozila mogu prometovati većim brzinama uz održavanje kraćih udaljenosti. Polu autonomna vozila opremljena prilagodljivim tempomatom (ACC) već su dokazala da je ta funkcija obećavajuća. To će rezultirati značajnim povećanjem propusne moći prometnica. Neke su studije procijenile su da će se propusna moć prometnica povećati čak i do 5 puta.²³

5.2. IZAZOVI AUTOMATSKOG UPRAVLJANA U VOZILU

Unatoč navedenim prednostima, važno je razmotriti i potencijalne izazove koji su sljedeći:

- **Visoki troškovi** - jedan su od ključnih izazova. Samo istraživanje, njihov razvoj te implementacija tehnologija u autonomnim vozilima su skupi. Samim time su većini ljudi i dalje nepriuštivi. Smatra se da bi moglo proći mnogo vremena prije nego što bi oni postali isplativi čak i za prosječne građane.

²² Bagloee, S. A., Tavana, M., Asadi, M., & Oliver, T. (2016). Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies. *Journal of Modern Transportation*

²³ Ibidem

- **Smanjena zaposlenost** – Vozači kamiona, taksisti, Uber/Lyft, dostavljači i zaposlenici u sektorima koji uvelike ovise o vožnji postupno će gubiti poslove, zbog sve većeg usvajanja autonomnih vozila.
- **Pouzdanost i sigurnost tehnologija** – Iako je razvoj tehnologija na zavidnoj razini, čak i uz napredne algoritme i senzore može doći do kvarova i čak i najmanja pogreška može dovesti do prometnih nesreća i drugih opasnosti.
- **Nepredvidive ljudske interakcije** - stvaraju veliki izazov pri korištenju autonomnih vozila. Poznato je da ljudi tokom vožnje često koriste različite geste i pokrete, kontakt očiju i slično kako bi najavili svoje namjere, a autonomna vozila mogu imati značajnih problema pri prepoznavanju istih.
- **Hakiranje sustava** – Budući da se autonomna vozila uvelike oslanjaju na složene računalne sustave i komunikacijske mreže, to ih čini podložnima hakiranju. Takav napad na ova vozila mogao bi dovesti do ozbiljnih posljedica, uključujući nesreće ili zlouporabu privatnih podataka.
- **Etičke dileme** - odnose se na programiranje autonomnih vozila za donošenje odluka u situacijama opasnim po život. Na primjer, ukoliko se vozilo nađe u neizbježnoj prometnoj nesreći, treba li vozilo kao prioritet staviti sigurnost svojih putnika, pješaka ili drugih sudionika u prometu?
- **Pravni izazovi** - i dalje je prisutan nedostatak propisa vezanih za autonomna vozila, što izravno utječe i na njihovo široko usvajanje. Potrebno je riješiti pitanja u vezi s odgovornošću, osiguranjem i poštivanjem prometnih zakona u različitim regijama.
- **Ovisnost o visokokvalitetnim kartama i razvijenoj infrastrukturi** – Ovakva vrsta vozila često zahtjeva karte visoke kvalitete te razvijenu infrastrukturu kako bi mogla optimalno funkcionirati. Glavni izazov točnije problem leži u regijama i

područjima sa lošim ili zastarjelim kartama i nedovoljno razvijenoj infrastrukturi pri čemu izvedba autonomnih vozila može biti ugrožena.²⁴

²⁴ <https://axleaddict.com/safety/Advantages-and-Disadvantages-of-Driverless-Cars>

6. PROIZVOĐAČI AUTONOMNIH VOZILA

Razvoj autonomnih vozila područje je visoke konkurencije. Velik broj tvrtki radi na tom izazovu, uključujući mnoge od najvećih svjetskih proizvođača automobila. Puno se ulaganja slijeva u to područje, a utrka za razvojem tehnologije se zahuktava.

Glavni igrači u prostoru autonomnih vozila su Tesla, Uber, Waymo i brojni tradicionalni proizvođači automobila kao što su BMW, Mercedes-Benz i Ford. Sve se te tvrtke natječu te je konkurencija velika.

Postoji niz različitih pristupa razvoju autonomnih vozila, a svaka tvrtka ima svoje prednosti i nedostatke. Još je rano i teško je reći tko će biti bolji, ali onaj tko može razviti tehnologiju i prvi je plasirati na tržište imat će veliku prednost.

6.1. GOOGLE-WAYMO

Waymo je tehnološka tvrtka za razvoj autonomnih vozila, koja je podružnica Alphabet Inc., matične tvrtke Googlea. Waymo je u početku bio projekt pod Googleom, fokusiran na razvoj tehnologije autonomnih vozila. U prosincu 2016. postao je zaseban entitet.

Glavni cilj Wayma je razviti i primijeniti tehnologiju autonomne vožnje za različite primjene, uključujući usluge prijevoza, logistiku i osobni prijevoz. Tvrtka je radila na razvoju naprednih hardverskih i softverskih rješenja, uključujući LiDAR senzore, kamere i algoritme umjetne inteligencije, kako bi se vozilima omogućila sigurna navigacija bez ljudske intervencije.

Jedno od Waymovih značajnih postignuća bio je razvoj flote autonomnih automobila koji su prošli opsežna testiranja na javnim cestama. S vremenom je Waymo proširio svoje usluge autonomnih vozila, nudeći pilot programe i testirajući usluge pozivanja autonomnih vozila u odabranim gradovima.

Kada je 2009. započeo projekt autonomnih automobila, tim je trebao dokazati da je uopće moguće postići da automobil sam vozi. Kako bi to učinio, tim je razvio prilagođeni softver i modificirao hardver Toyote Prius te se odlučio uhvatiti u koštac s više od 160 000 km autonomne

vožnje na javnim cestama. Ovo testiranje uključivalo je neke iznimno zahtjevne rute u SAD-u. Upalilo je, pa je tim nastavio i s vremenom je dodao drugo testno vozilo, SUV Lexus RX450h.

U početku, tim se usredotočio na vožnju autocestom jer je to jednostavnije okruženje za svladavanje. Automobili su ponuđeni nekolicini zaposlenika Googlea da ih koriste na svakodnevnom putovanju na posao. Korisnici su tvrdili da im je automobil učinio putovanje na posao manje stresnim i zamornim. Ali, iz ovog istraživanja, tim je također naučio da nije razumno očekivati od ljudi da obraćaju pozornost tijekom cijele vožnje i da u kratkom roku mogu vratiti kontrolu nad automobilom. Ovaj uvid u ljudsko ponašanje i predanost tima sigurnosti naveli su ih da se posvete još odvažnijoj misiji, unaprijediti potpuno autonomni automobilu koji može bilo koga odvesti od početne do završne točke putovanja.

Softverski tim svoju pozornost je usmjeravao na učenje automobila kako voziti gradskim ulicama i kako prepoznati pješake, bicikliste i stotine različitih objekata i sudionika u prometu, a tim dizajnera i stručnjaka za hardver krenuo je istraživati što bi doista bilo potrebno za izgradnju autonomnog automobila iz temelja. Naposljetku su napravili prototip pod nadimkom "Firefly". Firefly je dizajniran da bude pristupačan, a nije imao upravljač ni pedale. Svi senzori koji su automobilu bili potrebni jednostavno su integrirani u njegov oblik.

Značajni trenutak u razvijanju Waymo automobila dogodio se Krajem 2015. Steve Mahan, koji je zakonski slijep, vozio se u Firefly-u od parka do liječničke ordinacije na prvom potpuno samostalnom vožnji na svijetu javnim cestama. Njegova je vožnja bila moguća jer su automobili bili sposobni nositi se čak i s najtežim zadacima vožnje, kao što su otkrivanje i odgovaranje na hitna vozila, svladavanje zaustavljanja u više traka i četiri smjera te samo predviđanje što će sudionici u prometu učiniti.²⁵

²⁵ <https://x.company/projects/waymo/#>



Slika 10 Steve Mahan u Firefly-u

Izvor: <https://waymo.com/blog/2019/08/from-post-it-note-to-prototype-journey.html> (15. 8. 2023.)

Kako Waymo nastavlja razvijati svoje istraživačke napore, njegov krajnji cilj ostaje isti - razviti tehnologiju koja može promijeniti način na koji se ljudi i roba kreću svijetom. Pomicanjem granica autonomne vožnje i stalnim traženjem novih otkrića, Waymo postavlja pozornicu za budućnost u kojoj samoupravljujuća vozila postaju sastavni dio našeg svakodnevnog života.

6.2. DAIMLER AG

Daimler AG, njemačka je multinacionalna automobilska korporacija, te je aktivno uključena u razvoj autonomnih vozila. Uz svoju marku luksuznih automobila Mercedes Benz, Daimler je također poznat i po komercijalnim vozilima poput autobusa i kamiona. Tvrtka je uložila, tj. i dalje ulaže u istraživanje i razvoj tehnologija autonomne vožnje, kako bi ih mogla primijeniti i u svoja vozila.

Daimlerova istraživanja i razvoj autonomne vožnje usmjereni su na razvoj naprednih sustava za pomoć vozaču i mogućnosti autonomne vožnje za osobna, ali tako i za gospodarska

vozila. Stručnjaci su radili na integraciji različitih senzora, kao što su kamere, radar i LiDAR, kako bi vozilima omogućili da percipiraju i interpretiraju okolno okruženje. Svoj napredak u autonomnoj tehnologiji, tvrtka je predstavila kroz prototipove i konceptna vozila. Daimler aktivno testira svoja autonomna vozila na javnim cestama kako bi prikupio podatke iz stvarnog svijeta i poboljšao svoje sustave. Kao i sve tvrtke koje se bave autonomnom vožnjom, Daimler se suočava s raznim tehničkim, regulatornim i društvenim izazovima u dovođenju potpuno autonomnih vozila na tržište. Propisi i sigurnosni standardi, kao i javno prihvaćanje, značajni su čimbenici koji utječu na vremenski okvir za široko usvajanje autonomnih vozila.

Daimler predviđa da će njihov Mercedes-Benz Future Truck 2025 biti ključna stavka u potpunom prihvaćanju autonomnih vozila. Daimler je pokazao automatizirani prototip vozeći ga na autocesti u blizini Magdeburga. Kamion reagira na promet i radi sam pri brzinama do 85 km/h. Vozač može preuzeti kontrolu nad upravljačem u slučaju nužde.



Slika 11 Mercedes Benz Future Truck

Izvor: <https://www.motortrend.com/news/1409-autonomous-mercedes-benz-truck-2025-previews-the-future-of-shipping/>

Kako bi se omogućila autonomna vožnja, vozilo je opremljeno nizom kamera i radarskih sustava koje je Mercedes-Benz nazvao "Highway Pilot". Stereo kamera postavljena je iza vjetrobranskog stakla, na mjestu gdje bi Actros nosio standardnu kameru da je ugrađen opcijski sustav pomoći pri zadržavanju voznog traka.

Kamera skenira područje ispred kamiona do 100 m ispred i kroz područje od 45° prema vodoravnoj i 27° prema okomitoj strani. Kamera je programirana za identifikaciju jednostrukih i

dvostrukih prometnih traka, pješaka, pokretnih i nepomičnih objekata, svih ostalih objekata u skeniranom području te stanja površine ceste. Mercedes-Benz tvrdi da kamera prepoznaje sve što je u kontrastu s pozadinom i stoga može precizno mjeriti razmake. Ova kamera je također programirana za registraciju informacija o prometnim znakovima. Oznake prometnih traka prepoznaju se tako da se vozilo može zadržati u prometnoj traci kada se vozi autonomno.

Sustav koristi mnoge postojeće tehnologije kao što su pomoć pri održavanju vozne trake, aktivni tempomat, Mercedes Stop and Go Assist za održavanje kamiona u vožnji u prometnim kolonama i autonomni sustavi kočenja u nuždi.

Mercedes-Benz je dizajnirao „Highway Pilot“ za korištenje s mrežama V2V²⁶ i V2I²⁷. Ova sposobnost znači da bi svako vozilo opremljeno tim sustavom u bliskoj budućnosti kontinuirano slalo informacije svojoj okolini.

6.3. FORD MOTOR COMPANY

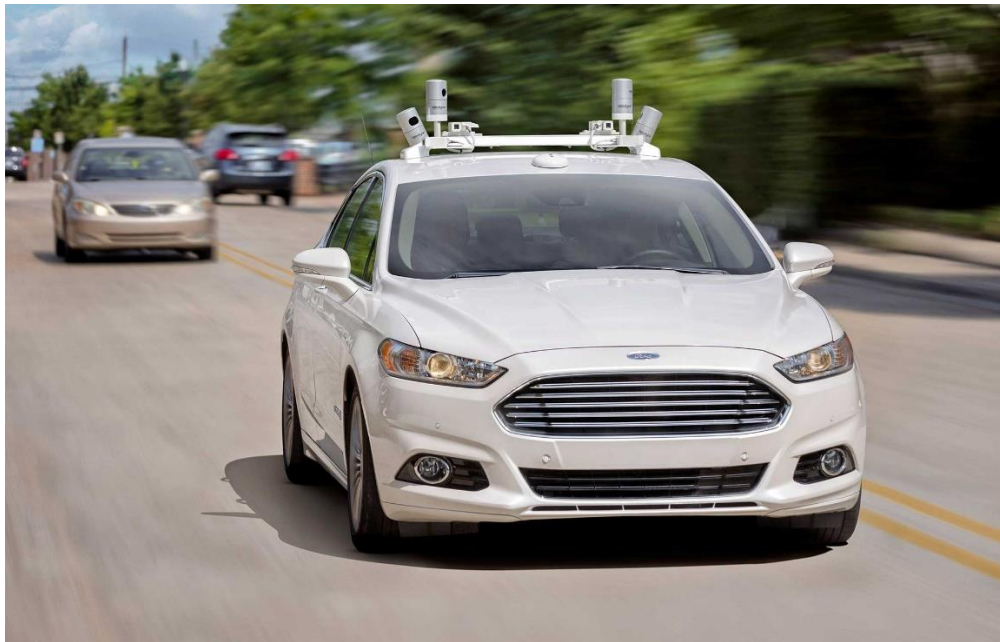
Tvrtka Ford Motor Company posvetila je jedan odjel svoje tvrtke istraživanju i razvoju tehnologije autonomne vožnje. U 2017. godini, Ford je najavio veliko ulaganje u tvrtku Argo AI. Tvrtka je bila je fokusirana na razvoj softvera i hardvera za tehnologiju potrebnu za autonomna vozila. Provedena su detaljna istraživanja za razvoj iste. Svoja autonomna vozila tvrtka Ford je testirala u mnogo gradova kako bi prikupila što više podataka te poboljšala tehnologiju i osigurala visoki stupanj sigurnosti. Uz Ford, velika ulaganja u Argo AI uložio je i Volkswagen. Međutim, u ožujku 2023. godine, Ford i Volkswagen najavili su prestanak rada tvrtke Argo AI za autonomna osobna vozila.

Za sada tvrtka Ford nema autonomna vozila za javnu prodaju, no i dalje nastavlja ulagati u razvoj tehnologije i testiranja vozila. Glavni cilj Forda je osigurati sigurnu vožnju autonomnih vozila. Najveći dio ulaganja korišten je za detaljna istraživanja i testiranja putem simulacija različitim uvjetima na cesti kako bi stekli povjerenje javnosti i približili autonomnu vožnju što većem broju korisnika osobnih automobila.

²⁶ Vehicle-to-Vehicle

²⁷ Vehicle-to-Infrastructure

Trenutno je Ford Fusion Hybrid jedino Fordovo vozilo koje je opremljeno tehnologijom autonomne vožnje. Međutim, ova flota autonomnih automobila koristi se samo u svrhu testiranja. I dalje nije poznato kada će Ford početi prodavati autonomna vozila javnosti, no tvrdi da je za ostvarenje tog cilja potrebno još nekoliko godina.



Slika 12 Ford Fusion Hybrid

Izvor: <https://t.ly/DwRFp> (15. 8. 2023.)

6.4. VOLVO CARS

Švedski proizvođač automobila Volvo ulaže velika sredstva u tehnologiju autonomnih vozila. Iz tog razloga Volvo je sklopio partnerstvo s vodećom tvrtkom za autonomna vozila zvanom Aurora. Trenutni glavni cilj Volva jest razviti potpuno autonomni kamion. To planira postići kombiniranjem različitih senzora, LiDAR sustava, radara i kamera. Lansiranje prvih autonomnih kamiona očekuje se u skorijoj budućnosti, a zatim će ponuditi i osobne autonomne automobile. U 2019. godini, Tvrtka Volvo predstavila je prototip nazvan 360c. Volvo 360c potpuno je električno i autonomno vozilo. Model 360c još nije u prodaji, ali daje uvid u to kako će buduća Volvova autonomna vozila izgledati. Model je dizajniran da bude udoban i prostran.

Sjedala u vozilu napravljena su tako da se mogu zaokrenuti za 180°, tako da se putnici mogu okrenuti jedni prema drugima. Ovaj model pokreće baterija koja omogućuje dolet od preko cca. 480km. Pomoću brzog punjača automobil se može napuniti u svega 80 minuta. 360c opremljen je svim potrebnim sigurnosnim značajkama i sensorima. Iako je 360c i dalje samo konceptni model, tvrtka je predana tome da autonomna vozila postanu stvarnost, a 360c je korak u tom smjeru. Volvo uviđa veliki potencijal u autonomnim vozilima te ih želi učiniti sigurnijima za prijevoz i učinkovitijima.



Slika 13 Interijer Volva 360c

Izvor: <https://www.torque.com.sg/news/volvo-360c-concept-car-is-autonomous-transport-alternative-to-domestic-short-haul-flights/> (16. 8. 2023.)

6.5. TESLA, INC.

Tesla, Inc. je američka tvrtka za automobile i čistu energiju sa sjedištem u Austinu, Texas. Tvrtka je specijalizirana za proizvodnju električnih vozila, proizvodnju i skladištenje energije te proizvodnju solarnih panela. Tesla je jedna od vodećih tvrtki u razvoju autonomnih vozila. Automobili tvrtke opremljeni su skupom senzora, uključujući kamere, radare i ultrazvučne

senzore, koji im omogućuju opažanje okoline. Teslini automobili također imaju moćno računalo koje pomoću umjetne inteligencije obrađuje podatke s tih senzora i donosi odluke o tome kako se kretati cestom.

Tesla nudi dvije razine autonomne vožnje: Autopilot i Full Self-Driving Capability²⁸. Autopilot je sustav autonomne vožnje razine 2, što znači da može kontrolirati upravljanje, ubrzanje i kočenje automobila u određenim situacijama, ali vozač i dalje mora biti pažljiv i spreman preuzeti u svakom trenutku. FSD je sustav autonomne vožnje razine 2+, što znači da ima naprednije mogućnosti od Autopilota, ali još uvijek nije potpuno autonoman.

Zbog marketinga autopilota i FSD-a, tvrtka Tesla primila je mnogo kritika, jer se vjerovalo da je to dovelo do prevelikog opuštanja vozača i na povećanu nepažnju u prometu. U 2021. godini, američka Nacionalna uprava za sigurnost (NHTSA) objavila je povlačenje Teslinih automobila opremljenih autopilotom. Unatoč kritikama Tesla i dalje nastavlja s razvojem i ulaganjem u autonomna vozila. Potpuno autonomno vozilo, Tesla planira napraviti do 2024. godine.

Ključne značajke Tesline autonomne vožnje uključuju automatsko upravljanje, tempomat, sustav pomoći pri održavanju trake, automatsko kočenje, te sustav koji omogućuje da se automobilu sam parkira ili da ga vozač „pozove“ na mjesto gdje se nalazi.

Neki od Teslinih modela autonomnih vozila su sljedeći: Tesla model Y, Tesla model X, Tesla model S, a najpoznatiji i najprodavaniji Teslin model jest Tesla model 3. Svi navedeni modeli i dalje su u razvoju, te Tesla nije proizvela potpuno autonomno vozilo.

²⁸ FSD- Full Self-Driving Capability



Slika 14 Tesla Model 3

Izvor: https://www.tesla.com/hr_hr/model3 (17. 8. 2023.)

Trenutno Tesla radi na razvoju i proizvodnji autonomnog vozila nazvanog „robotaxi“. Robotaxi dizajniran je kao potpuno autonomno vozilo koje će se koristiti za usluge prijevoza. Za sada i dalje nije poznata informacija kada će se Robotaxi pustiti u prodaju.

7. BUDUĆI RAZVOJ AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM

Budući razvoj automatskog upravljanja vozilom područje je koje se brzo razvija i u konstantnom je napretku zahvaljujući novim tehnologijama i inovacijama.

7.1. RAZVOJ TEHNOLOGIJA ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE VOZILOM

Budući razvoj tehnologija za automatsko upravljanje vozilima najviše će se usredotočiti na tri područja:

1. Poboljšanje tehnologija senzora- Senzori koji se koriste u sustavima automatskog upravljanja stalno se poboljšavaju, s novim tehnologijama kao što su LiDAR i radar koji postaju pristupačniji i pouzdaniji. To će omogućiti sustavima automatskog upravljanja da rade u zahtjevnijim uvjetima, poput slabog osvjetljenja ili magle.
2. Snažnija računalna snaga: Sustavi za automatsko upravljanje zahtijevaju mnogo računalne snage za obradu podataka sa senzora i donošenje odluka o upravljanju u stvarnom vremenu. Kako se računalna snaga nastavlja povećavati, sustavi automatskog upravljanja postat će sofisticiraniji i sposobniji.
3. Bolja interakcija između čovjeka i vozila: jedan od najvećih izazova s kojima se suočavaju sustavi automatskog upravljanja je kako osigurati da oni mogu sigurno komunicirati vozačima. Nove tehnologije poput dodirne povratne informacije i praćenja pogleda razvijaju se kako bi pomogle vozačima da ostanu angažirani i kontroliraju vozilo, čak i kada je sustav automatskog upravljanja aktivan.

Budućnost tehnologija vozila s automatskim upravljanjem vrlo je obećavajuća. Uz kontinuirani napredak u tehnologiji senzora, računalne snage i interakcije čovjeka i vozila, ovi će sustavi postajati sve sigurniji i pouzdaniji, čineći ih održivom opcijom za mnoge vozače.

Neki od primjera razvijanja tehnologije automatskog upravljanja su sljedeći:

- Steer-by-wire tehnologija je koja eliminira fizičku vezu između upravljača i upravljačkog mehanizma. Upravljač šalje elektroničke signale računalu koje potom

kontrolira upravljanje. To eliminira rizik od mehaničkog kvara i omogućuje precizniju kontrolu upravljanja.

- Tehnologija prilagodljivog upravljanja prilagođava osjećaj upravljanja i odziv na temelju uvjeta vožnje. Na primjer, upravljanje može biti olakšano u načinu parkiranja i otežano pri velikim brzinama. To može pomoći u poboljšanju udobnosti i sigurnosti vozača.
- Centriranje vozne trake je od velike pomoći kada je riječ o dugim putovanjima ili gustom prometu. Tehnologija koristi senzore kako bi vozilo držalo u sredini svoje trake.
- Tehnologija kočenja u nuždi koristi senzore za otkrivanje prepreka na cesti i automatski aktivira kočnice kako bi se izbjegao sudar.

Kako se ove tehnologije nastavljaju poboljšavati, one imaju potencijal učiniti vožnju sigurnijom, učinkovitijom i ugodnijom.

7.2. NOVI OBLICI PRIMJENE AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA VOZILOM

Osim primjene automatskog upravljanja osobnim automobilima, autonomna vozila mogu se koristiti i u raznim drugim oblicima prijevoza. Neki od novih oblika automatskog upravljanja vozilom su sljedeći:

Robotaksiji autonomni su automobili koji su dizajnirani za pružanje taksi usluga. Robotaksiji mogli bi pružiti novu uslugu prijevoza na zahtjev koja bi bila dostupnija, sigurnija i ekološki prihvatljivija od tradicionalnih taksija. Putnici bi mogli jednostavno rezervirati robotaksi putem aplikacije, a vozilo bi ih dovelo na željenu lokaciju. Robotaksiji mogli bi biti posebno korisni za osobe s invaliditetom ili starije osobe koje imaju poteškoća u kretanju. Također bi mogli biti korisni za osobe koje žive u područjima s lošim javnim prijevozom.

Autonomni kamioni učinili bi značajan napredak u prijevozu tereta te znatno utjecali na uštedu vremena i troškova. Autonomni kamioni bili bi u mogućnosti voziti 24 sata dnevno, 7 dana u tjednu bez potrebe za odmorima. Također, oni bi mogli biti sigurniji od tradicionalnih

kamiona, jer bi mogli izbjeći ljudske pogreške koje su odgovorne za većinu nesreća s kamionima.

Autonomna poljoprivredna vozila mogla bi se koristiti za automatizaciju nekih od najtežih i najopasnijih poslova vezanih za poljoprivredu što bi uvelike povećalo produktivnost i sigurnost rada u poljoprivredi. Ova vrsta autonomnih vozila, mogla bi prikupljati i obrađivati podatke u stvarnom vremenu, što bi poljoprivrednicima omogućilo da donose bolje odluke o svojim poljoprivrednim aktivnostima. Smanjenjem potrošnje goriva i emisije štetnih plinova dovelo bi do održivije poljoprivredne proizvodnje.

Kada je riječ o hitnim intervencijama, autonomna vozila za pružanje hitne pomoći mogla bi se koristiti kako bi se osiguralo brže i sigurnije dovođenje hitne pomoći na mjesto neke nesreće. Ova vrsta vozila mogla bi biti opremljena specijaliziranom opremom za pružanje hitne pomoći, kao što su lijekovi, medicinska oprema i vatrogasna oprema. Također bi mogla biti opremljena sensorima koji bi im omogućili da se kreću sigurnije i učinkovitije u složenim uvjetima, kao što su prometne gužve ili vatre. Značajna prednost ove vrste vozila je u tome što bi puno brže stigla na mjesto nesreće jer nebi bila ograničena ljudskim umorom. Također, mogla bi pristupiti područjima koja su nedostupna tradicionalnim vozilima hitne pomoći, kao što su uske ulice i područja gdje nastaju velike prometne gužve.

7.3. UTJECAJ NA PROMETNU INFRASTRUKTURU I URBANISTIČKI RAZVOJ

Autonomna vozila moći će značajno promijeniti i utjecati na prometnu infrastrukturu i urbanistički razvoj.

U prometnoj infrastrukturi, autonomna vozila, mogla bi dovesti do promjena na nekoliko načina:

- Povećanje kapaciteta prometnica dovelo bi do povećanja broja vozila koja se mogu kretati na istoj prometnici u isto vrijeme. Također, autonomna vozila bila bi puno učinkovitija u korištenju prostora, te bi parkirna mjesta mogla smjestiti više vozila. Autonomna vozila bila bi bliže jedna drugima te nebi bilo potrebe za proširenjem prometnica.

- Zbog većeg broja autonomnih vozila, također bi se stvorile i novi tipovi prometne infrastrukture. Za početak, autonomna vozila zahtijevala bi posebne trake za tu vrstu vozila i stanice za punjenje. Posebne trake za autonomna vozila bile bi odvojene od prometnica na kojima prometuju ljudi što bi znatno utjecalo na sigurnost i samu učinkovitost prometa.
- Još jedan od načina na koji autonomna vozila mogu utjecati jest smanjenje potrebe za prometnim svjetlima. Budući da autonomna vozila mogu komunicirati međusobno, ali i s prometnom infrastrukturom, mogu se kretati sigurno bez potrebe za prometnim svjetlima. To bi uvelike smanjilo gužve na prometnicama te poboljšalo protok vozila. Osim toga, autonomna vozila mogla bi direktno komunicirati i s prometnim svjetlima kako bi osigurala da su svjetla prilagođena njihovom kretanju.

Uz promjene vezane za promjenu infrastrukture, ona također mogu utjecati i na urbanistički razvoj na sljedeće načine:

- Novi tipovi urbanističkih središta bili bi manje ovisni o automobilima. To bi dovelo do stvaranja urbanističkih središta koja su održivija, sigurnija i zdravija za ljude. Autonomna vozila mogla bi omogućiti razvoj urbanističkih središta s manje prometnica, ali više zelenih površina, pješačkih zona i biciklističkih staza.
- Vjeruje se da bi autonomna vozila bila integrirana s javnim prijevozom i samim time povećale dostupnost javnog prijevoza i smanjile prometne gužve. Autonomna vozila također bi se mogla koristiti u svrhe prijevoza ljudi od i do javnog prijevoza.
- Autonomna vozila također bi izravno utjecala na korištenje prostora. Prostor potreban za parkiranje i prometne trake mogao bi se osloboditi te primijeniti za druge namjene kao što su kulturni sadržaji, zelene površine, pješačke zone i slično.

7.4. UTJECAJ NA OKOLIŠ I DRUŠTVO

Pozitivne učinke, autonomna vozila mogla bi imati i na okoliš i društvo. Za početak značajno bi smanjila emisija ugljičnog dioksida, dušikovih oksida i ostalih štetnih plinova te zagađenje okoliša budući da bi će najvjerojatnije biti opremljene električnim ili hibridnim pogonom. Nadalje, autonomna vozila mogla bi smanjiti potrošnju energije u prometu. Jedan vrlo bitan utjecaj na društvo nastat će zbog povećanja dostupnosti prijevoza za osobe s invaliditetom i osobe koje nisu u mogućnosti upravljati vozilima. Još jedan bitan utjecaj jest otvorenje novih radnih mjesta u industriji autonomnih vozila koja će zahtijevati nova znanja i vještine.

8. ZAKLJUČAK

Automatski sustavi za pomoć u vožnji danas su dostupni u svim vrstama automobila, od luksuznih do prosječnih. Ovi sustavi osmišljeni su kako bi vozačima olakšali, uljepšali i sigurnijim učinili vožnju. Daljnji razvoj i unapređenje ovih sustava je u tijeku i nastaviti će se i u budućnosti. Svi su ovi sustavi barem djelomično automatizirani, odnosno kompjuterski kontrolirani, ali čovjek je još uvijek taj koji kontrolira vozilo. Stoga se može zaključiti da postoji sinergija između inteligentnih transportnih sustava, automatskog upravljanja i čovjeka. Automatizirani sustavi u vožnji su sve sofisticiraniji i mogu značajno smanjiti rizik od nesreća. U mnogim situacijama, automatizirani sustavi mogu donijeti sigurnije odluke od ljudi. Na primjer, automatizirani sustavi mogu brzo reagirati na iznenadne promjene u prometu, dok ljudi mogu biti sporiji ili pogriješiti.

No, postavlja se pitanje koliko je zapravo sigurno potpuno automatizirano vozilo. S obzirom da niti jedan sustav nije savršen, postoji mogućnost mehaničkog ili softverskog kvara koji bi mogao negativno utjecati na sustav i naredbu koju daje vozilu. Upitno je koliko bi u takvoj situaciji vozač mogao utjecati na ponašanje automobila te bi li mogao i na koji način preuzeti kontrolu nad njim. Iako su automatizirani sustavi u vožnji sve sofisticiraniji, oni još uvijek nisu u stanju potpuno zamijeniti vozača. U slučaju kvara sustava, vozač mora biti spreman preuzeti kontrolu nad vozilom. Osim toga, postoje situacije u prometu u kojima jednostavno nema sigurnog ishoda. U tim slučajevima, vozač mora donijeti moralnu odluku koja će najvjerojatnije spasiti živote. Stoga je važno da vozači budu svjesni potencijalnih rizika povezanih s automatiziranim vozilima.

Ukupno gledano, automatski sustavi u vožnji predstavljaju značajan napredak u sigurnosti prometa. Međutim, važno je da vozači budu svjesni potencijalnih rizika i da su spremni preuzeti kontrolu nad vozilom u slučaju nužde.

LITERATURA

1. Bošnjak, I., 2006., *Inteligentni transportni sustavi – ITS I*, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet Prometnih Znanosti, Zagreb
2. Kato, S., Tsugawa, S., Tokuda, K., Matsui, T., & Fujii, H., 2002. - Vehicle control algorithms for cooperative driving with automated vehicles and intervehicle communications. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 3(3), 155–161
3. National highway traffic safety administration – Dostupno na: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/documents/13069a-ads2.0_090617_v9a_tag.pdf
4. Opačić A. 2007., *Autonomna vozila - automobili budućnosti*, Ekscentar, no. 10, pp. 114-115
5. Faisal, A., Kamruzzaman, M., Yigitcanlar, T., & Currie, G. (2019). Autonomous vehicles and their potential for reducing car ownership and greenhouse gas emissions. *Journal of Transport and Land Use*, 12(1), 45-72
6. Martínez-Díaz, M., Soriguera, F. (2018). Autonomous vehicles: theoretical and practical challenges. *Transportation Research Procedia*, 33, 275-282
7. Duarte, F., Ratti, C. (2018). The Impact of Autonomous Vehicles on Cities: A Review. *Journal of Urban Technology*, 25(4), 3-18
8. Campbell, S., O'Mahony, N., Krpalcova, L., Riordan, D., Walsh, J., Murphy, A., & Ryan, C. (2018). Sensor Technology in Autonomous Vehicles : A review. 2018 29th Irish Signals and Systems Conference
9. Bagloee, S. A., Tavana, M., Asadi, M., Oliver, T. (2016). Autonomous vehicles: challenges, opportunities, and future implications for transportation policies. *Journal of Modern Transportation*, 24(4), 284–303.

10. Hucko, F., The development of autonomous vehicles. Diplomski rad. Aalborg University Copenhagen, 2017. Dostupno na: https://projekter.aau.dk/projekter/files/260085639/Master_Thesis_The_development_of_autonomous_vehicles.pdf
11. Krasniqi, X., & Hajrizi, E. (2016). Use of IoT Technology to Drive the Automotive Industry from Connected to Full Autonomous Vehicles. IFAC-PapersOnLine, 49(29), 269–274.
12. Babić, D., Babić, D., Fiolić, M., & Šarić, Ž. (2021). Analysis of Market-Ready Traffic Sign Recognition Systems in Cars: A Test Field Study. Energies, 14(12)
13. Xiao, L., & Gao, F. (2010). A comprehensive review of the development of adaptive cruise control systems. Vehicle System Dynamics, 48(10), 1167–1192.
14. Warren, M. E. (2019). Automotive LIDAR Technology. 2019 Symposium on VLSI
15. Asif Faisal, Md Kamruzzaman, Tan Yigitcanlar and Graham Currie Source: Journal of Transport and Land Use , Vol. 12, No. 1 (2019), pp. 45-72

POPIS KRATICA

KRATICA	ZNAČENJE NA ENGLESKOM JEZIKU	ZNAČENJE NA HRVATSKOM JEZIKU
ACC	Adaptive Cruise Control	Sustavi za kontrolu brzine
AEB	Autonomous Emergency Braking	Autonomno kočenje
AI	AI- Artificial Intelligence	Umjetna inteligencija
HUD	Head-up display	Head-up zaslon
IMU	Inertial Measurement Unit	Inercijske mjerne jedinice
LiDAR	Light Detection and Ranging	Svjetlosno zamjećivanje i klasifikacija
TPM	Tire Pressure Monitoring	Sustav za nadzor tlaka u gumama
V2I	Vehicle-to-Infrastructure)	Komunikacija vozila s infrastrukturom
V2N	Vehicle-to-Network	Komunikacija vozila s mrežom
V2P	Vehicle-to-Pedestrians	Komunikacija vozila s pješacima
V2V	Vehicle-to-Vehicle	Komunikacija vozila s drugim vozilima
V2X	Vehicle-to-Everything	Komunikacija vozila s okolinom

POPIS SLIKA

Slika 1 Prikaz sustava za prepoznavanje prometnih znakova.....	10
Slika 2 Prikaz sustava za nadzor mrtvog kuta	12
Slika 3 GPS Sustav	13
Slika 4 Prikaz Head-Up Zaslona.....	15
Slika 5 Prikaz parkirnih senzora	19
Slika 6 Primjer senzora za kišu	20
Slika 7 TPM Senzori.....	21
Slika 8 Prikaz V2V tehnologije	23
Slika 9 Prikaz LiDAR tehnologije	25
Slika 10 Steve Mahan u Firefly-u	39
Slika 11 Mercedes Benz Future Truck.....	40
Slika 12 Ford Fusion Hybrid.....	42
Slika 13 Interijer Volva 360c	43
Slika 14 Tesla Model 3	45