

Analiza razina autonomnosti kod cestovnih prijevoznih sredstava

Santai, Melani

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:848613>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-30**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

ZAVRŠNI RAD

**ANALIZA RAZINA AUTONOMNOSTI KOD CESTOVNIH PRIJEVOZNIH
SREDSTAVA**

**ANALYSIS OF AUTONOMY LEVELS IN ROAD TRANSPORTATION
VEHICLES**

Mentor: doc.dr.sc Željko Šarić

Student: Melani Santai

JMBAG: 0135254210

Zagreb, Rujan 2021

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 7. svibnja 2021.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Cestovna prijevozna sredstva**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 6227

Pristupnik: **Melani Santai (0135254210)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Analiza razina autonomnosti kod cestovnih prijevoznih sredstava**

Opis zadatka:

U Završnom radu potrebno je opisati razvoj autonomnih vozila te objasniti njihov princip rada. Definirati i detaljno analizirati razine autonomnosti navedenih vozila te temeljem provedene analize prikazati utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

doc. dr. sc. Željko Šarić

SAŽETAK

U ovom radu prikazan je početak razvoja autonomnih vozila počevši od prvog preuređenog vozila kojim se uspješno upravljati putem računalnih naredbi. Zatim je definirano šest razina autonomnosti vozila koje započinju od nulte razine koja nema automatizacije do pete razine koja predstavlja potpunu automatizaciju vozila što znači da vozač više nije potreban. Danas se najčešće koriste vozila prve i druge razine automatizacije. U radu su opisana dva vozila Tesla i Audi A8 koji spadaju u razinu dva, te prvi automobil treće razine Honda Legend. Nadalje su objašnjeni glavni sustavi, koji pokreću vozilo i omogućuju mu prepoznavanje i snalaženje u okolini, kao što je radar, lidar sustav, gps, računalni vid, klijentski i akcijski sustav. Razvoj autonomnih vozila uporabom novih tehnologija ima veliki utjecaj na mobilnost i sigurnost u cestovnom prometu.

KLJUČNE RIJEČI: AUTONOMNA VOZILA; RAZINE AUTONOMNOSTI; UPRAVLJAČKI SUSTAVI; UTJECAJ NA SIGURNOST

SUMMARY

This paper presents the beginning of the development of autonomous vehicles starting from the first redesigned vehicle that was managed to be controlled by computer commands. Then, six levels of vehicle autonomy are defined, starting from the zero level, which has no automation, to the fifth level, which represents the complete automation of the vehicle, which means that the driver is no longer needed. Today, vehicles of the first and second level of automation are most often used. The paper describes two vehicles Tesla and Audi A8 that belong to level two, and the first car of the third level Honda Legend. The main systems that drive the vehicle and enable it to recognize and navigate the environment, such as radar, lidar system, gps, computer vision, client and action system, are further explained. The development of autonomous vehicles using new technologies has a major impact on mobility and road safety.

KEY WORDS: AUTONOMOUS VEHICLES; LEVELS OF AUTONOMY; CONTROL SYSTEMS; IMPACT ON SECURITY

Sadržaj

1.UVOD	1
2.RAZVOJ AUTONOMNIH VOZILA	3
2.1. PRVA FAZA RAZVOJA AUTONOMNIH VOZILA	6
2.2.DRUGA FAZA RAZVOJA AUTONOMNIH VOZILA	7
2.2.TREĆA FAZA RAZVOJA AUTONOMNIH VOZILA.....	7
3.RAZINE AUTONOMNIH VOZILA	9
3.1. AUTONOMNA VOZILA	9
3.2. KLASIFIKACIJA VOZILA	11
3.2.1. NULTA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA	12
3.2.2. PRVA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA	12
3.2.3. DRUGA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA.....	13
3.2.3.1. TESLA – AUTOPILOT	13
3.2.3.2. SUPER CRUISE.....	16
3.2.4. TREĆA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA	17
3.2.4.1.AUDI A8	17
3.2.4.2.HONDA LEGEND	19
3.2.5. ČETVRTA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA	19
3.2.6. PETA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA.....	20
4.UPRAVLJAČKI SUSTAVI KOD AUTONOMNIH VOZILA	21
4.1. RADAR.....	21
4.2. LIDAR	22
4.3. GPS.....	23
4.4. RAČUNALNI VID	25
4.4.1. NAČIN RADA PRI SLABOM OSVJETLJENJU OMOGUĆEN RAČUNALNIM VIDOM	26
4.4.2. DUBOKO UČENJE	26
4.5. KLIJENTSKI SUSTAV	27
4.6. AKCIJSKI SUSTAV.....	28
5.UTJECAJ AUTONOMNIH VOZILA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA	29
5.1. UTJECAJ AUTONOMNIH VOZILA NA CESTOVNU INFRASTRUKTURU	29
5.2. UTJECAJ AUTONOMNIH VOZILA NA MOBILNOST	30
5.3. UČINAK NA ZAGUŠENJE PROMETA I NJEGOVE TROŠKOVE.....	30

5.4. ODGOVORNOST, SIGURNOST I PRIVATNOST KOD AUTONOMNIH VOZILA	31
5.5. NESREĆE S AUTONOMNIM VOZILIMA	32
6.ZAKLJUČAK	34
LITERATURA.....	35
POPIS SLIKA	38

1. UVOD

Cilj ovog završnog rada jest prikazati razine autonomnosti cestovnih prijevoznih sredstava, odnosno vozila, objasniti njihov način rada te njihov utjecaj na promet.

Ideja o autonomnosti vozila rodila se 1898. godine kada je Nikola Tesla počeo s bežičnim upravljanjem. Autonomna vozila definiraju se kao vozila koja raspoznaju svoju okolinu te se mogu kretati njome uz vrlo malo ili bez ljudske pomoći odnosno djelovanja. Za svoj rad i upravljanje koriste razne senzore za prepoznavanje okoline kao što su radari, lidar, GPS. Upravljački sustavi interpretiraju senzorne informacije pomoću kojih prepoznavanju puteve, prepreke, prometne znakove.

Današnja vozila većinom imaju prvi i drugi stupanj automatizacije, dok je treća tek započela svoje djelovanje.

Ovaj rad podijeljen je u 6 cjelina:

1. UVOD
2. RAZVOJ AUTONOMNIH VOZILA
3. RAZINE AUTONOMNOSTI VOZILA
4. UPRAVLJAČKI SUSTAVI KOD AUTONOMNIH VOZILA
5. UTJECAJ AUTONOMNIH VOZILA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA
6. ZAKLJUČAK

Prvo poglavlje započinje kratkim uvodom u ideju rada i općenitom definicijom autonomnih vozila.

U drugom poglavlju prikazan je početak razvoja autonomnog vozila koji je započeo osamdesetih godina, a glavnu ulogu u njemu imao je Ernst Dickmanss začetnik automobilske robotike. Zatim je opisan prvi dugotrajni test autonomnog vozila po nazivom "No Hands Across America". Spomenuta je glavna organizacija DARPA koja je najviše doprinijela razvoju AV. Naposljetku ovog poglavlja u tri faze opisan je budući razvoj AV.

Nadalje, treće poglavlje opisuje autonomna vozila, naglašava da je njihova glavna karakteristika na softverskim sustavima te njihovim mogućnostima. Kroz potpoglavlja definirano je šest razina autonomnosti, od nulte razine koja nema automatizacije do pete

razine koja predstavlja potpunu automatizaciju vozila i predviđa veliku budućnost automobila. Nadalje su opisana vozila druge razine autonomnosti poput Tesle i Audia A8, te prvi automobil treće razine Honda Legend sa svojim glavnim značajkama i mogućnostima.

Četvrto poglavlje bazirano je na upravljačkim sustavima. Autonomna vozila da bi osjetila svoju okolinu moraju biti opremljena tehnologijama poput radara, lidar sustava, GPS-a, kamera odnosno računalnog vida.

Utjecaj autonomnih vozila na sigurnost cestovnog prometa je veliki i donosi svoje pozitivne i negativne strane. Kada je riječ o smanjenju broja nesreća ništa se ne može usporediti s AV, no na drugoj strani imamo sigurnost, odgovornost te privatnost koji nisu najbolje zaštićeni. Objašnjene se nalazi u petom poglavlju.

U posljednjem dijelu rada donesi su zaključci.

2. RAZVOJ AUTONOMNIH VOZILA

Ideja autonomnih vozila započela je davno prije Googlea, Tesle i Ubera kada je Nikola Tesla 1898. godine bežično upravljao svojim primjerkom robota. Početkom 1925. napravljen je prvi praktični korak prema autonomnim vozilima. Inženjer Francis Houdina izradio je radiom kontrolirano vozilo Houdina Radio Control kojim je upravljao iz pratećeg automobila. [1]

Povijest autonomnih vozila započela je 1977. godine u Japanu vozilom tvrtke Tsukuba no pravi početak smatra se početkom 80-ih godina, kada je Ernst Dickmanns, nekadašnji profesor aeronautike na Sveučilištu Bundeswehra (Vojske SR Njemačke) u Münchenu, preuređio Mercedesov kombi (Slika 1) koji se danas smatra prvim djelom automobilske robotike. Uspješno je kontrolirano upravljačem, mjenjačem i kočnicama pomoću računalnih naredbi baziranim na procjeni slikovnih sekvenci u realnom vremenu dobivenih kamerom. Budući da nije korišten GPS, razvijen je sofisticirani oblik računalne vizije, što je riješeno „4-D pristupom“ koji je omogućio potpunu rekonstrukciju trodimenzionalnog prostora i vremena. Daljnji napredak napravljen je na vozilu Mercedes S klasa (W140) koje je bilo opremljeno četirima crno-bijelim video-kamerama, milimetarskim radarom i osam mikroprocesora za prepoznavanje objekata i autonomno upravljanje. Test vozila obavljen je na autoputu te je postignuta brzina bila 130 km/h. Tom su prilikom demonstrirane mogućnosti poput promjene staze i automatskog prestizanja drugih automobila. [2]



Slika 1. Prvo vozilo s autonomnom vožnjom, [3]

Dana 23. srpnja 1995 godine započeo je prvi dugotrajni terenski test autonomnog vozila. Istraživač i znanstvenik Dean Pomerleau te dr. Sc. student Todd Jochem s Instituta za robotiku Sveučilišta Carnegie Mellon krenuli su na putovanje po SAD-u autonomnim kombijem Minivan Pontiac Trans Sport iz 1990 (Slika 2). Putovanje je nazvano "No Hands Across America". Koristili su računalni program RALPH (Rapidly Adapting Lateral Position Handler) i video slike za određivanje lokacije ceste i odgovarajući smjer upravljanja kako bi vozilo ostalo na cesti. Dok se vozilo kreće, videokamera postavljena neposredno ispod retrovizora čita kolnik i prikazuje slike (Slika 3), uključujući oznake na trakama, uljne mrlje, rubnike, pa čak i tragove napravljene u snijegu kotačima automobila. Kamera šalje sliku na prijenosno računalo između prednjih sjedala automobila koje obrađuje podatke i upućuje elektromotor na upravljaču da skrene desno ili lijevo. Sustav vožnje radio je na hardverskoj platformi PANS (Portable Advanced Navigation Support). Platforma pruža računalnu bazu i ulazno/izlazne funkcije za sustav, kao i procjenu položaja, upravljanje upravljačem i nadzor sigurnosti, napaja se iz upaljača za cigarete u vozilu i potpuno je prenosiv. Vozilo i softver bilo su izgrađeni u roku od četiri mjeseca za manje od 20.000 USD. Koristili su samo jedno računalo, kameru u boji 640 × 480, GPS prijarnik i žiroskop s optičkim vlaknima. GPS nije bio korišten za određivanje položaja, već za određivanje brzine. U to vrijeme, selektivna dostupnost GPS-a još je bila uključena, što znači da nije bilo moguće jeftino dobiti visoko precizno pozicioniranje. [4]



Slika 2. Minivan Pontiac Trans Sport korišten za prvo autonomno putovanje, [5]



Slika 3. Prikaz unutrašnjosti Minivana, [6]

Prvo putovanje autonomnim vozilom trajalo je 9 dana, rutom od Pittsburgh do San Diego. 98,2% puta voženo je autonomno, a ukupno je pređeno 4585.021 km.[4]

Razvoju autonomnih vozila najviše je doprinijela vojska, a kao najvažnijom vojnom organizacijom ističe se DARPA, agencija Ministarstva obrane SAD-a za razvoj vojne tehnologije, koja je imala projekt financiranja najboljeg autonomnog vozila pod nazivom „DARPA Grand Challenge“. [1]

Grand Challenge bilo je natjecanje na daljinu za automobile bez vozača. Prvo natjecanje DARPA Grand Challengea održano je 13. ožujka 2004. u pustinjskoj regiji Mojave u Sjedinjenim Državama, ruta je bila dugačka 240 kilometara. Nijedno od robotskih vozila nije završilo zadanu relaciju. Crveni tim Sveučilišta Carnegie Mellon prešao je najdalju udaljenost od 11,78 km (7,32 mi) staze prije nego što je udario o stijenu nakon skretanja. Drugo natjecanje DARPA Grand Challengea započelo je 8. listopada 2005. Svi osim jednog od 23 finalista u utrci 2005. nadmašili su udaljenost od 11,78 km (7,32 mi) dok je samo pet vozila uspješno je završilo stazu od 212 km (132 mi). [7]

Sadašnji i budući razvoj autonomnih vozila kao i njihovo uvođenje na ceste može se opisati u tri faze: [8]

1. Prva faza: Mješovita vozila - potpuno autonomna vozila i vozila kojima upravljaju vozači dijele cestu; sva vozila imaju namjenskog vozača koji može preuzeti ručno upravljanje
2. Druga faza: Mješovita vozila i vozila bez vozača - Veći postotak potpuno autonomnih vozila nego u prvoj fazi; vozila mogu putovati bez vozača
3. Treća faza: Sva vozila na cesti su potpuno autonomna - isključena su vozila s ručnim upravljanjem

2.1. PRVA FAZA RAZVOJA AUTONOMNIH VOZILA

U prvoj fazi bit će mješavina autonomnih vozila razine 3/4 i sadašnjih vozila, kojima upravljaju vozači te će dijeliti cestu. Ova faza pretpostavlja da će za autonomna vozila odgovornost biti na vozaču koji po potrebi može preuzeti ručnu kontrolu. Dakle, vozilom neće moći upravljati alkoholizirane osobe, djeca, osobe s invaliditetom ili osobe koje nemaju dozvolu za upravljanje vozilom. U ovoj se fazi također pretpostavlja da vozila neće moći voziti bez putnika.[8]

Implikacije prve faze uključuju:[8]

- Smanjena vrijednost vremena (VOT) za putovanje automobilom
- Veće stope putovanja
- Niži operativni troškovi vozila (za električna vozila)
- Više putovanja i duža putovanja budući da ljudi troše manje vremena na vožnju
- Povećana gužva zbog svega navedenog

2.2.DRUGA FAZA RAZVOJA AUTONOMNIH VOZILA

Faza 2 razmatra veći postotak autonomnih vozila na cestama. Ključna razlika u ovoj fazi je ta što vozila ne moraju imati vozača. Vozilom mogu putovati putnici koji ranije nisu mogli voziti neovisno, poput djece ili osoba s invaliditetom, osobe u alkoholiziranom stanju. Određeni postotak vozila bit će u privatnom vlasništvu, a ostatak će biti namijenjen za zajedničko korištenje poput automatiziranih taksija. U ovoj fazi također bi moglo biti moguće imati autonomne autobuse i smanjiti troškove pružanja javnog prijevoza. Zapravo, mogao bi postojati stalan spektar javnog prijevoza, od zajedničkih automobila do autonomnih autobusa, sve do tradicionalnog masovnog prijevoza.[8]

Moguće implikacije Faze 2 su:[8]

- Smanjena vrijednost vremena za putovanje automobilom
- Veće stope putovanja i duljina putovanja
- Smanjeni troškovi parkiranja
- Više prometa u suprotnom smjeru
- Povećana upotreba Taxi/Ubera itd.

2.2.TREĆA FAZA RAZVOJA AUTONOMNIH VOZILA

Faza 3 razmatra vrijeme kada su sva vozila na cesti autonomna. To će se djelomično dogoditi kroz tržišne snage, uključujući poboljšanu udobnost, povećanje sigurnosti i smanjenje troškova osiguranja. Ali također će za prelazak na potpunu AV mrežu biti potrebno zabraniti ljudima vožnju ne autonomnih vozila. Koristi od toga bile bi vrlo značajne, pod pretpostavkom da tehnologija ispunjava obećanja. Uz primjerenu komunikaciju i pouzdane protokole, vozila bi se trebala moći kretati većom brzinom i s povećanom gustoćom. Bolje praćenje traka moglo bi omogućiti i uže ceste ili više traka na postojećim cestama. Trebalo bi biti moguće ukloniti većinu prometnih signala, oslanjajući se na komunikaciju vozila. Ove bi promjene dovele do velikih poboljšanja u cestovnom kapacitetu i smanjenje zagušenja. Pješaci će i dalje biti problem, ali na visokim prometnim raskrižjima oni bi i dalje mogli imati tradicionalne signale.

Na drugim bi mjestima trebalo omogućiti pješacima da obavijeste svoju namjeru da pređu cestu, mobitelom ili odgovarajućim stavom i gestama. Vozila tada mogu dopustiti pješacima prijelaz između vozila i osigurati da su sva vozila koja se približavaju svjesna pješaka. Potpuno autonomna mreža mogla bi dovesti do uštede, velikih smanjenja troškova putovanja, također značajan dio gradskog zemljišta oslobodio bi se za druge namjene. Uštede bi nastale uklanjanjem većine prilaza, garaža i parkirališta, kao i potreba za pojedinačnim kapitalnim ulaganjem u vozilo koje se ne koristi većinu vremena.[8]

3. RAZINE AUTONOMNIH VOZILA

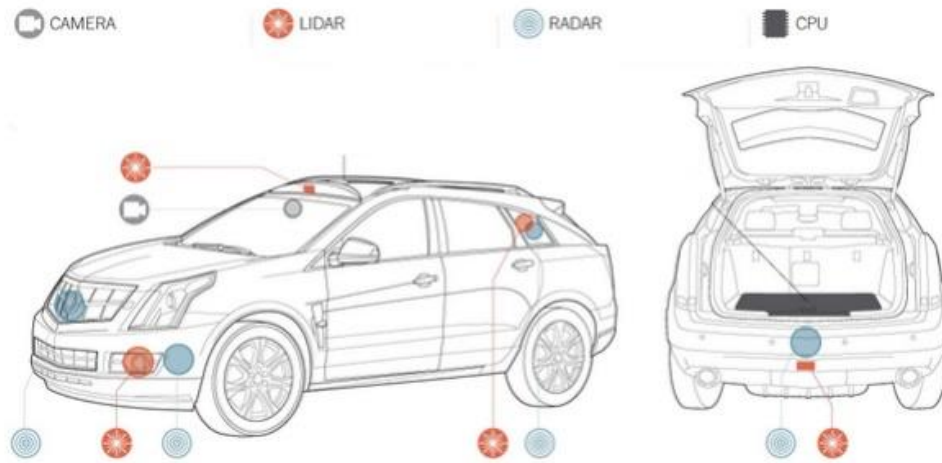
Svijet je gotovo ne moguće zamisliti bez automobila, njihov razvoj svakim danom je sve veći. Kada je riječ o automobilima, danas, glavnu riječ vode autonomna vozila. Ona predstavljaju sadašnjost, a naglašavaju veliku budućnost u automobilskoj industriji.

3.1. AUTONOMNA VOZILA

Autonomno vozilo (AV) ima mogućnost osjetiti svoju okolinu, vidjeti je i upravljati automobilom bez čovjekove pomoći, kontrole pa čak i prisustva. Slobodan je ići svugdje gdje ide i „obični“ automobil, raditi sve što radi iskusan vozač. [9]

Uslužbenom listu Europske unije od 27. studenoga 2019., objavljena je Uredba 2019/2144 Parlamenta i Vijeća EU u kojoj se nalazi definicije za automatizirano vozilo i potpuno autonomno vozilo: “automatizirano vozilo znači motorno vozilo konstruirano i izrađeno kako bi se kretalo autonomno tijekom određenog razdoblja bez stalnog nadzora vozača, ali u odnosu na koje se intervencija vozača ipak očekuje ili je potrebna” i “potpuno automatizirano vozilo znači motorno vozilo koje je konstruirano i izrađeno kako bi se kretalo autonomno bez ikakva nadzora vozača”. [10]

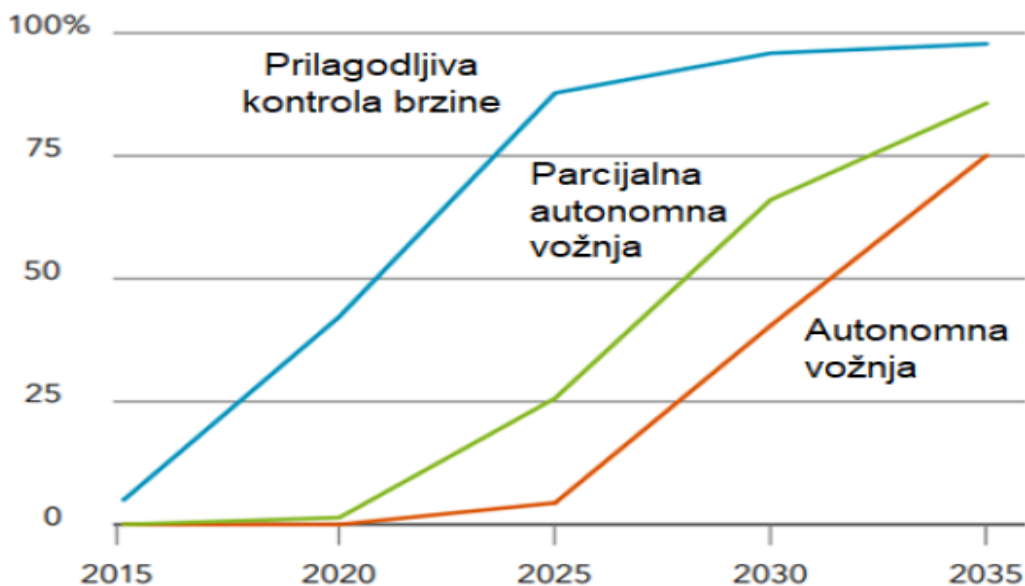
Autonomna vozila rade uz pomoć senzora, složenih algoritama, sustava strojnog učenja, procesora, kamera koji su raspoređeni na različitim dijelovima vozila, prikazanim na Slici 4, na osnovu kojih stvaraju i održavaju kartu svog okruženje. Na primjer, radarski senzori nadziru položaj vozila u blizini, kamere otkrivaju semafore, čitaju prometne znakove, prate druga vozila i traže pješake, senzor Lidar pomoću svjetlosnih impulsa radi mjerenja udaljenosti, otkrivanja rubova ceste i identificiranja oznaka traka. Ultrazvučni senzori u kotačima otkrivaju rubnike i druga vozila pri parkiranju. Sofisticirani softver zatim obrađuje sve ove senzorne unosi, zacrtava put te šalje upute pokretačima automobila koji kontroliraju ubrzanje, kočenje i upravljanje. Strogo kodirana pravila, algoritmi za izbjegavanje prepreka i prepoznavanje objekata pomažu slijediti prometna pravila i kretati se po preprekama. [9]



Slika 4. Raspored senzora na automobilu, [11]

Glavna karakteristika AV je na softverskim sustavima i njihovim mogućnostima, a ne na podvozju i motoru, budući da oni pokreću vozilo i podležni su reprogramiranju, uređivanju, ažuriranju što dovodi do napretka strojnog učenje i poboljšanja samog vozila. [12]

Prilagodba količine automobila autonomnoj vožnji u svijetu, prema studiji *Future of the vehicle*, prikazana je na Slici 5. Prilagodljiva kontrola brzine je proširenje tempomata, s dodatnom značajkom automatskog prilagođavanja lokalnim ograničenjima brzine i uvjetima okoline. Parcijalna autonomna vožnja ili ograničena sposobnost samovožnje, omogućava vozaču da u određenim situacijama ponovno preuzme kontrolu. Autonomna vožnja znači da vozač nije potreban ni u jednoj fazi, a vozilom se može upravljati na daljinu. Kombiniranje autonomnih i ne autonomnih vozila u prometnom traku će biti značajan izazov, jer moraju dijeliti cestu. [12]



Slika 5. Procjena prilagodne automobila autonomnoj vožnji, [12]

3.2. KLASIFIKACIJA VOZILA

Klasifikaciju autonomnih vozila izradila je 2013. godine National Traffic Safety Administration (NHTSA) i definirala pet razina autonomnosti. Internacionalna udruga automobilskih inženjera Society of Automotive Engineers International (SAE) 2014. godine objavila je klasifikaciju autonomnih vozila u šest razina, Slika 4., pod nazivom SAE J3016: JAN2014 standard, no 2016. godine je dopunjen te nazvan SAE J3016:SEP2016 standard. Podjela ovisi o količini potrebne intervencije i pozornosti vozača, te se definira šest razina automatizacije za automobile, u rasponu od razine 0 (bez automatizacije vožnje) do razine 5 (potpuna automatizacija), postupno prelazeći sa “značajki podrške za vozača” na “značajke automatizirane vožnje”. SAE kategorizaciju naknadno je usvojila NHTSA. [10]



Slika 6. Razine autonomnosti vozila, [10]

3.2.1. NULTA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA

Nema automatizacije vožnje. Vozač je zadužen za sve vozačke aktivnosti. [13]

Nulta razina odnosi se na vozilo koje nema tehnologiju automatizacije vožnje. U tom slučaju vozač je u potpunosti zadužen za vozilo, uključujući upravljanje, ubrzavanje, kočenje, parkiranje i sve ostale potrebne manevre za pomicanje automobila u bilo kojem smjeru. Međutim, mogu biti prisutni sustavi podrške vozaču koji mogu privremeno intervenirati tijekom vožnje. Primjeri uključuju kontrolu stabilnosti, upozorenje na sudar naprijed, automatsko kočenje u nuždi, upozorenje na mrtvi kut i pomoć pri održavanju prometne trake. Ove se tehnologije smatraju razinom 0 jer ne upravljaju vozilom, već nude upozorenja ili trenutne radnje u posebnim situacijama.[10]

3.2.2. PRVA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA

Pomoć vozaču. Elektronička kontrola stabilnosti (ESC), prilagodljivi tempomat (ACC), pomoć pri kočenju u nuždi (EBA). Dakle, razina jedan podrazumijeva ugrađene sustave koji ponekad mogu preuzeti kontrolu nad vozilom i spadaju najnižu razinu automatizacije.[13]

Na razini 1 vozilo ima najmanje jedan sustav podrške vozaču koji pruža pomoć pri upravljanju ili pomoć pri kočenju i ubrzanju. Vozač ostaje odgovoran za upravljanje vozilom i mora biti spreman preuzeti kontrolu u bilo koje vrijeme i iz bilo kojeg razloga. [10]

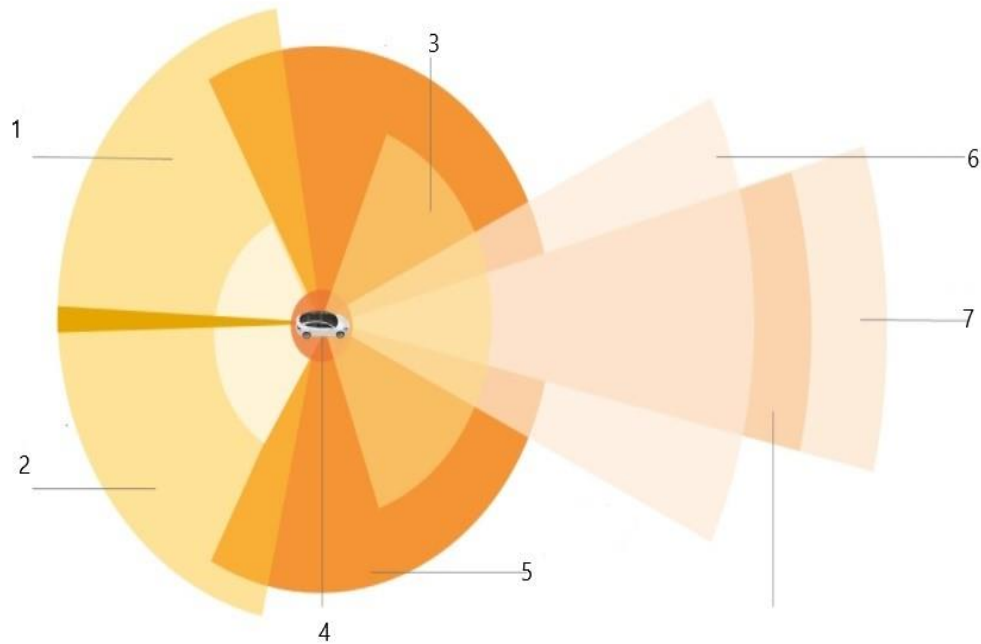
3.2.3. DRUGA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA

Djelomična automatizacija vožnje. Vozilo u kojem dva ili više autonomnih sustava rade zajedno. Na primjer, vozilo je sposobno upravljati i ubrzavati ili usporavati kako bi održavalo sigurnosni razmak. Glavno ograničenje ove razine je da u svakom trenutku vozač mora analizirati stanje na cesti i u skladu s tim reagirati. [13]

Današnji automobili uglavnom su opremljeni sustavima koji odgovaraju razini 2, a najpoznatiji proizvođač je Tesla sa svojim vozilima, Model S, Model X, Model Y i Model 3, te General Motors s poluautonomnom značajkom vožnje autocestom pod nazivom Super Cruise, dostupnom na novom Cadillacu CT6.

3.2.3.1. TESLA – AUTOPILOT

Autopilot je napredni sustav pomoći vozaču koji poboljšava sigurnost i udobnost za upravljačem. Autopilot smanjuje ukupno opterećenje vozača. Svako novo vozilo Tesla opremljeno je s 8 vanjskih kamera, 12 ultrazvučnih senzora i računalom koje obrađuje dospjele podatke. Pogled senzora i kamera prikazan je Slikom 4, oznaka 1 - bočne kamere okrenute prema natrag; maksimalna udaljenost 100 m, 2 – stražnja kamera; maksimalna udaljenost 50 m, 3 – široka prednja kamera; maksimalna udaljenost 60 m, 4 – ultrazvučni senzori; maksimalna udaljenost 6 m, 5 – bočne kamere usmjerene prema naprijed; maksimalna udaljenost 80 m, 6 – glavna prednja kamera; maksimalna udaljenost 150 m, 7 – uska prednja kamera; maksimalna udaljenost 250 m, 8 – radar; maksimalna udaljenost 160 m. Autopilot i potpuna sposobnost samostalne vožnje namijenjeni su uporabi s pažljivim vozačem, koji ima ruke na upravljaču i spreman je preuzeti u svakom trenutku.[14]



Slika 7. Raspored senzora i kamera kod Teslinih vozila, [15]

Glavne karakteristike i mogućnosti Teslinih vozila odnosno Autopilota su:[14]

1. Tempomat: Usklađuje brzinu automobila s brzinom okolnog prometa
2. Automatsko upravljanje: Pomaže u upravljanju unutar jasno označene trake i koristi tempomat
3. Kretanje na automatskom pilotu: Aktivno vodi automobil od uključanja autoceste do isključenja, uključujući predlaganje promjena trake, navigaciju na čvorovima, automatsko uključivanje pokazivača smjera i pravi izlaz
4. Automatska promjena trake: Pomaže pri prelasku na susjednu traku na autocesti kada je uključen Autosteer
5. Autopark: Pomaže automatski paralelno ili okomito parkiranje automobila, jednim dodirrom
6. Pozovite: Premješta automobil u i iz uskog prostora pomoću mobilne aplikacije ili ključa
7. Pametni poziv: Automobil će se kretati složenijim okruženjima i parkirnim mjestima, po potrebi manevrirati oko objekata kako bi vas pronašao na parkiralištu.

8. Kontrola prometa i znakova zaustavljanja: Identificira znakove zaustavljanja i semafore i automatski usporava vaš automobil do zaustavljanja pri prilazu, uz vaš aktivni nadzor

Trenutno omogućene značajke automatskog pilota i potpune samostalne vožnje zahtijevaju aktivan nadzor vozača i ne čine vozilo autonomnim. Potpuna autonomija ovisit će o postizanju pouzdanosti koja daleko nadmašuje ljudske vozače. Prije nego što omogući automatsko pilotiranje, vozač se prvo mora složiti da će mu „ruke uvijek biti na upravljaču“ i da će uvijek „zadržati kontrolu i odgovornost za svoje vozilo“. Nakon toga, svaki put kada vozač uključi Autopilot, prikazuje mu se vizualni podsjetnik "držite ruke na upravljaču". Kad je Autosteer u uporabi, mjeri količinu zakretnog momenta koji se primjenjuje na upravljač, a ako se primijeni nedovoljan zakretni moment, sve veći niz zvučnih i vizualnih upozorenja ponovno podsjeća da se ruke stave na volan. Ako se više puta zanemari ovo upozorenje, neće se moći koristiti Autopilot tijekom trajanja putovanja. Navigacija na autopilotu osmišljena je tako da učinkovitije dovede do odredišta aktivnim vođenjem, uključujući predlaganje i promjenu trake, kretanje po petljama na autocestama i izlazak. Dizajniran je da dodatno olakša pronalaženje i praćenje najučinkovitijeg puta do odredišta na autocesti.[14]

Značajke aktivne sigurnosti standardne su na svim Teslinim vozilima proizvedenim nakon rujna 2014. za povećanu zaštitu u svakom trenutku te uključuju:[14]

1. Automatsko kočenje u nuždi: Otkriva automobile ili prepreke na koje automobil može naići te u skladu s tim primjenjuje kočnice
2. Upozorenje na sudar prema naprijed: Upozorava na nadolazeće sudare sa sporijim automobilima ili automobilom u mirovanju
3. Upozorenje o bočnom sudaru: Upozorava na mogući sudar s preprekama uz automobil
4. Ubrzanje svjesno prepreke: Automatski smanjuje ubrzanje kada se uoči prepreka ispred automobila tijekom vožnje pri malim brzinama
5. Nadzor mrtvog kuta: Upozorava kada se prilikom promjene trake detektira automobil ili prepreka
6. Izbjegavanje napuštanja trake: primjenjuje korektivno upravljanje kako bi automobil ostao na predviđenoj traci
7. Izbjegavanje napuštanja trake za hitne slučajeve : Vraća automobil natrag na traku za vožnju kada otkrije da automobil napušta svoju traku i da bi moglo doći do sudara

Značajke aktivne sigurnosti osmišljene su kao pomoć vozačima, ali ne mogu odgovoriti u svakoj situaciji. Odgovornost je na vozaču da bude oprezan, vozi sigurno i da u svakom trenutku kontrolira svoj automobil.

3.2.3.2. SUPER CRUISE

Super Cruise je „hands-free“ tehnologija pomoći vozaču za kompatibilne ceste. Ona koristi napredne tehnologije kako bi pružila jednostavnost i praktičnost vožnje bez upotrebe ruku. Super Cruise ne obavlja sve aspekte vožnje niti čini sve što vozač može učiniti. Omogućuje vozaču vožnju bez upotrebe ruku kada odgovarajući uvjeti vožnje na cesti to dopuštaju ali vozač i dalje mora pomno paziti na cestu. Super Cruise dostupan je samo na cestama koje su odvojene od suprotnog prometa te se nikada ne smije koristiti u teškim ili nesigurnim uvjetima vožnje. To uključuje korištenje u građevinskim zonama, kada su oznake na trakama slabe, kada je ograničena vidljivost, u tunelu, pri vuči prikolice, na rubu ceste, traci koja izlazi s autoceste ili u skliskim ili drugim nepovoljnim uvjetima, uključujući kišu, susnježicu, maglu, led ili snijeg. Tehnologija pomoći vozaču Super Cruisea koristi prepoznavanje globalnog sustava pozicioniranja (GPS), podatke poboljšane GPS-om, mapu visoke preciznosti i mrežu kamera za održavanje automatske kontrole upravljanja vozilom na cestama. GPS koristi ispravke u stvarnom vremenu i podatke karte za određivanje lokacije vozila, dok kamera za prepoznavanje prometne trake detektira označene trake na cesti kako bi pomogla vozilu da automatski upravlja i održava položaj trake. Sustav radi s prilagodljivim tempomatom koji je dizajniran za otkrivanje vozila koja se kreću u istom smjeru na njegovoj putanji te ubrzavanje ili kočenje vozila. Kada je uključen, Super Cruise koristi sustav pažnje vozača. Pruža povratne informacije o statusu sustava dok prati položaj glave vozača i upozorava na upozorenja koja vozača tjeraju da pažljivo pazi na cestu i ručno upravlja po potrebi. Morate preuzeti kontrolu kako biste se zaobišli prometnom situacijom ili predmetom, uključili se u promet, izašli s autoceste, skrenuli, zaustavili se zbog prelaska prometnog signala ili semafora, znaka zaustavljanja ili drugog uređaja za kontrolu prometa. Također to nije sustav za izbjegavanje sudara i neće upravljati niti kočiti kako bi izbjegao sudar. [16]

3.2.4. TREĆA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA

Automatizacija uvjetne vožnje. Vozilo je „svjesno“ svoje okoline te može preteći sporije vozilo od sebe no vozač može i mora preuzeti kontrolu.[13]

Treća razina koristi različite sustave pomoći vozaču i umjetnu inteligenciju za donošenje odluka na temelju mijenjanja situacija u vožnji oko vozila. Ljudi u vozilu ne moraju nadzirati tehnologiju, što znači da se mogu baviti drugim aktivnostima. Međutim, ljudski vozač mora biti prisutan, upozoren i sposoban preuzeti kontrolu nad vozilom u bilo kojem trenutku, osobito u slučaju nužde zbog kvara sustava. Audi je za limuzinu A8 iz 2019. razvio tehnologiju pomoći u prometu 3. razine, ali nikada nije dobio regulatorno odobrenje za sustav u Njemačkoj. To je otvorilo vrata Hondi da postane prvi proizvođač autonomnih vozila na svijetu koji je potrošačima prodao odobreni sustav pomoći prometnih gužvi.[17]

Honda Legend, Slika 5. (2021.) je prvi automobil s unaprijeđenim sustavom autonomne vožnje.



Slika 8. Honda Legend, [18]

3.2.4.1. AUDI A8

Audijev AI Traffic Jam Pilot prvi je sustav u svijetu koji omogućuje uvjetnu automatizaciju SAE razine 3, tom tehnologijom opremljen je Audi A8 (Slika 6). On ima mogućnost kretanja u gužvi ili usporenom prometu na autocesti do brzine 60 km/h. Sustav

rukuje zaustavljanjem, ubrzavanjem, upravljanjem i kočenjem u svojoj traci. Upravljački signali koje Audi AI pilot zastoja u prometu zahtijeva za uvjetno automatiziranu vožnju dobivaju se od središnjeg upravljačkog sklopa za pomoć vozaču i od spajanja podataka u radarskoj upravljačkoj jedinici. Ako je vozač aktivirao pilota zastoja u prometu AI gumbom na središnjoj konzoli, može skinuti nogu s gasa i ruke s upravljača no mora ostati oprezan i sposoban preuzeti zadatak vožnje kada ih sustav zatraži. Za razliku od razine 2, više ne mora kontinuirano nadzirati automobil i može se usredotočiti na druge aktivnosti. Dok je aktiviran pilot zastoja u prometu, kamera provjerava je li vozač spreman nastaviti s upravljanjem ako je potrebno. Analizira položaj i kretanje glave i očiju radi generiranja podataka. Na primjer, ako vozačeve oči ostanu zatvorene, sustav će od vozača zatražiti da nastavi s vožnjom. Poziv za preuzimanje odvija se u tri faze - od vizualnih i zvučnih upozorenja pa sve do aktiviranja kočnice u nuždi. Ako se promet oslobodi, a brzina pređe 60 km/h, pilot prometne gužve obavještava vozače da moraju sami ponovno preuzeti dužnosti vožnje. Ako vozač zanemari ovaj upit i sljedeća upozorenja, A8 koči sve dok se potpuno ne zaustavi na svojoj traci.[18]

Uvođenje Audi AI pilot saobraćajne gužve uvelike će ovisiti o zakonskim parametrima za svaku zemlju i specifičnoj prilagodbi i testiranju sustava. [18]



Slika 9. Audi A8, [20]

3.2.4.2. HONDA LEGEND

Većina svjetskih proizvođača automobila koji razvijaju tehnologiju autonomne vožnje, kao što su General Motors, Tesla, Toyota, Audi trenutno nude vozila opremljena sustavom djelomične automatizacije razine 2. Razina 3 korak je više. To znači da automobil može čitati svoju okolinu i donositi odluke na temelju onoga što vidi. [21]

Honda Sensing Elite-ova funkcija Traffic Jam Pilot daje automobilu kontrolu nad kočnicama, upravljanjem i gasom. To omogućuje automobilu da zadrži udaljenost, brzinu i položaj trake te sve to radi bez potrebe reagiranja vozača. Sustav razine 3 koristi podatke s 3D karata visoke razlučivosti i globalnog navigacijskog satelitskog sustava za upravljanje vozilom, kao i desetak vanjskih senzora koji detektiraju okolinu automobila. Automobil opremljen Hondom Sensing Elite može voziti iza drugog vozila unaprijed zadanom brzinom i sigurnom udaljenošću, a pritom ostati centriran u svojoj traci. Ako sustav primijeti da automobil ispred zaostaje ispod zadane brzine, sustav obavještava vozača, a zatim pomaže pri pronalasku i prelaženju na sljedeću traku. Legend može upravljati tamo gdje je promet zakrčen i ne zahtijeva stalno praćenje od strane vozača. Sustav može upozoriti vozača da reagira prilikom predaje kontrole, na primjer vibracijom na pojasu, ako vozač ne reagira, sustav će pomoći pri hitnom zaustavljanju usporavanjem i zaustavljanjem vozila, upozoravajući okolna vozila svjetlima upozorenja i sirenom.[21]

Dok je sustav uključen na autocesti, vozači ne moraju imati ruke na upravljaču. Vozač može promijeniti traku aktiviranjem pokazivača smjera, međutim, sustav također može skenirati cestu i sam pokrenuti promjenu trake kako bi prošao vozila na autocesti, bez intervencije vozača. [21]

3.2.5. ČETVRTA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA

Visoka automatizacija vožnje. Vozilo će pod određenim okolnostima moći raditi u potpunosti autonomno te pružiti zaštitu svojih putnika od nesreća. Autonomno vozilo na ovoj razini ne zahtijeva da vozač bude spreman reagirati u hitnim slučajevima no može preuzeti kontrolu ako situacija nije definirana zadanim okolnostima.[13]

Autonomija razine 4 ne zahtijeva ljudsku intervenciju u radu vozila jer je programirana da se sama zaustavi u slučaju kvara sustava. Tehnologija ove razine koristit će se u taksijima bez vozača i uslugama javnog prijevoza. Takva vozila bit će programirana za putovanje između točke A i točke B te će biti ograničena na određene geografske granice.

3.2.6. PETA RAZINA AUTONOMNOSTI VOZILA

Potpuna automatizacija vožnje. Ne postoje ograničenja na određene okolnosti, niti postoji potreba za ljudskog vozača radi nadzora.[13]

Kao najviša klasifikacija automatizacije vožnje, razina 5 znači da se vozilo može voziti posvuda u svim uvjetima bez ikakve ljudske intervencije. Vozilo nije omeđeno geografskim ograđivanjem niti je pod utjecajem vremenskih uvjeta te udobno i učinkovito prevozi osobe. Jedini čovjekov zadatak bit će određivanje odredišta.

4. UPRAVLJAČKI SUSTAVI KOD AUTONOMNIH VOZILA

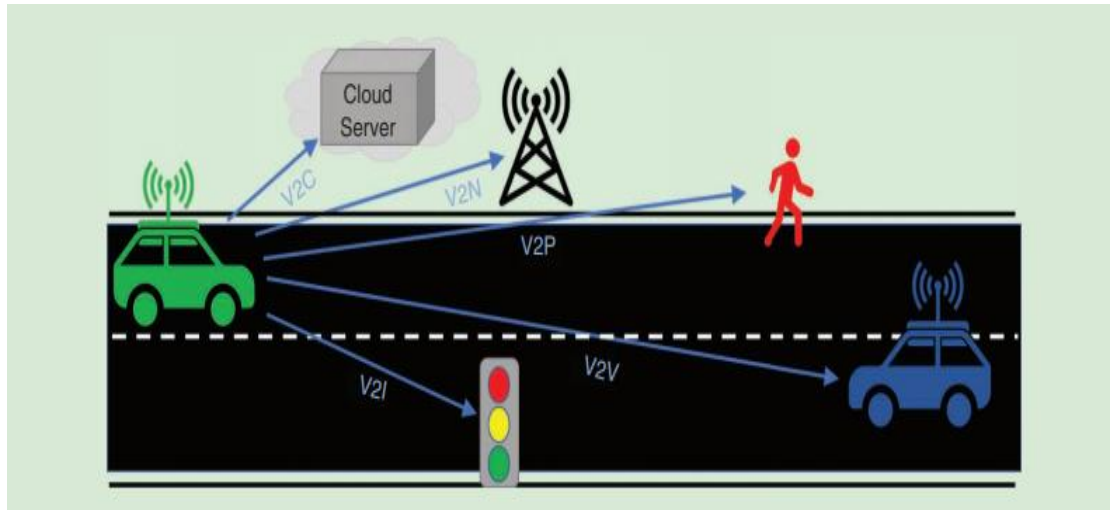
Autonomna vozila rade na principu procjene svoje okoline kako bi mogla birati rute, pridržavati se prometnih propisa i izbjegavati opasnosti.

Ona su opremljena bežičnim komunikacijskim primopredajnicima, senzorima i automobilskim radarima. AV moraju učinkovito i sigurno upravljati u raznim nekontroliranim okruženjima i situacijama. Da bi ispunili ove zahtjeve, takvi automobili moraju biti sposobni osjetiti i komunicirati sa svojom okolinom. Uz pomoć informacija koje dolaze iz senzora kao i preneseni podataka iz susjednih vozila te jedinica uz cestu dolazi do mogućnosti izbjegavanja prepreka, biranja rute, otkrivanja opasnosti te pridržavanja prometnih propisa, sve u stvarnom vremenu. Za pouzdani osjećaj okoliša, AV opremljena su višestrukim tehnologijama otkrivanja, uključujući računalni vid, kamere, lidar sustav, GPS i radarski sustav.

4.1. RADAR

Radarski sustavi pružaju sposobnost točnog otkrivanja udaljenih objekata i tipično su robusniji na vremenske uvjete i lošu vidljivost u usporedbi s drugim konkurentnim senzorskim tehnologijama. Radarski sustavi zapravo detektiraju prisutnost udaljenih objekata mjerenjem refleksija elektromagnetskih valova, u uporabi su više od stoljeća. Primjena radara za vozila, tzv. automobilski radari bitno se razlikuju od tradicionalnih radarskih sustava budući da se oni koriste u masovnoj proizvodnji vozila te su daleko ograničeni u veličini, snazi i cijeni. Konvencionalni radar koji se npr. koristi u avio industriji ima za cilj detektirati relativno mali broj udaljenih ciljeva dok automobilski radar mora u složenim, gustim urbanim okruženjima na bliskim udaljenostima točno otkriti sve potrebne ciljeve. Unatoč tim razlikama, danas je automobilski radar uobičajena tehnologija, a velika većina novoprodučenih vozila opremljena su radarskim autonomnim sustavima za pomoć u vožnji (ADAS). Osim sposobnosti da osjeti svoju okolinu, ima važnu zadaću u izvođenju raznih oblika komunikacije. Takav primjer prikazan je na Slici 6, gdje je zapravo prikazan lanac komunikacija. Oznaka V2V prikazuje izmjenu podataka između vozila, V2I označava povezivanje infrastrukture i vozila do infrastrukture što dovodi do olakšavanja inteligentnog upravljanja cestama prenoseći informacije između automobila i jedinica uz cestu. Nadalje, komunikacija između vozila i

pješaka, V2P, može biti koristi se za upozoravanje ili alarmiranje pješaka u blizini, te na kraju, pružatelji usluga i aplikacije u oblaku razmjenjuju velike količine podataka s automobilima putem, V2N, i veze između vozila i oblaka (V2C). [22]

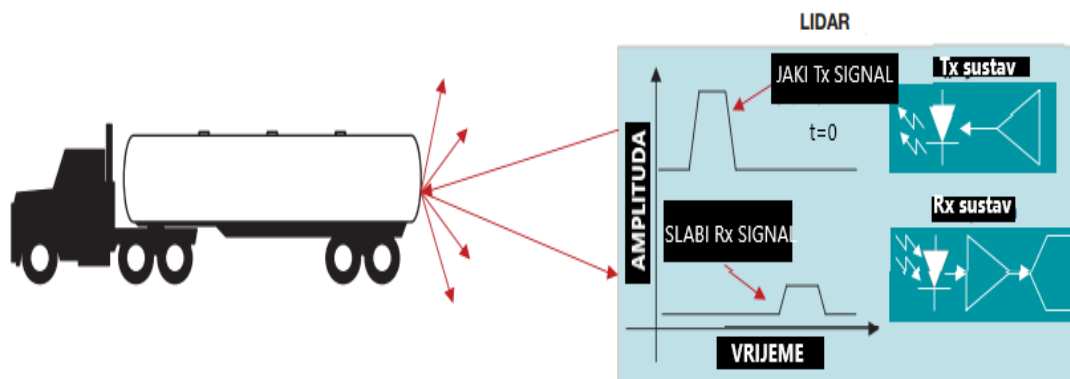


Slika 10. Prikaz funkcije radara, [22]

4.2. LIDAR

LIDAR – Light Detection and Ranging (svjetlosno zamjećivanje i klasifikacija) definira se kao optički mjerni instrument koji odašilje laserske zrake koje se odbijaju od vrlo sitnih čestica raspršenih u Zemljinoj atmosferi (aerosola, oblačnih kapljica i drugo) i potom registriraju u optičkom prijammniku. [23]

To je zapravo metoda koja detektira objekte i preslikava njihove udaljenosti. Tehnologija radi tako da osvjetljava cilj s optičkim impulsom i mjerenjem karakteristika reflektiranog povratnog signala. Širina optičkog impulsa može se kretati od nekoliko nano sekundi do nekoliko mikro sekundi. Osnovno načelo rada prikazano je slikom 4., snaga impulsa, vrijeme povratnog putovanja, faza pomak i širina impulsa uobičajeni su parametri koji se koriste za izdvajanje informacija iz svjetlosnih signala. [24]



Slika 11. Princip rada LIDER sustava, [24]

Dakle, osnovni sustav mora uključivati izvor ili odašiljač, osjetljiv fotodetektor ili prijemnik, elektroniku za obradu podataka i strategiju za dobivanje informacija od svih meta, bitnih za izradu 3D karata i/ili slika podataka o blizini.[25]

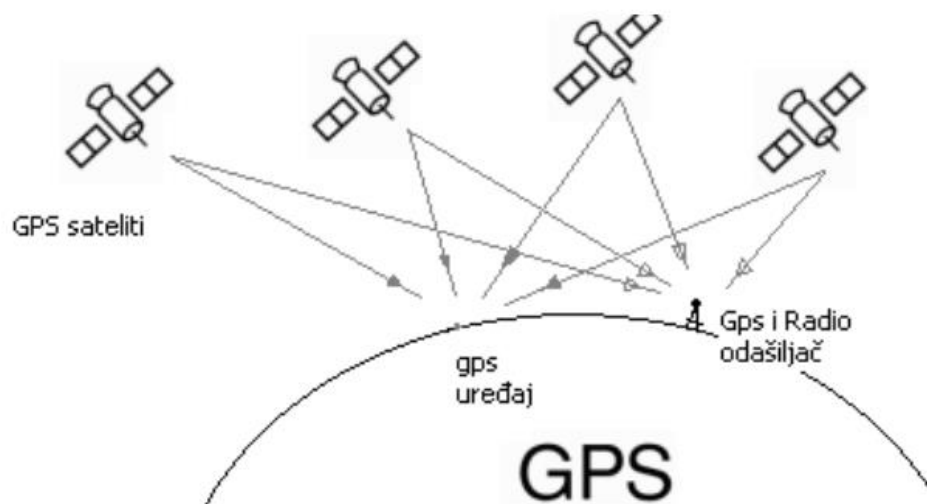
LIDAR i radar čine dobru kombinaciju u pogledu stvaranja sigurnog okruženja za vozilo, njihovi sustavi mogu detektirati objekata na udaljenostima od nekoliko metara na više od 200 m. LIDAR ima prednost nad radarom u kutnoj razlučivosti što je jedna od ključnih značajki neophodnih za bolju klasifikaciju objekata dok radar ima bolju robusnost po vremenskim uvjetima kao što je kiša, magla i snijeg. Izvedba LIDAR općenito propada pod takvim vremenskim uvjetima. [25]

4.3. GPS

Globalni položajni sustav (akr. GPS), satelitski radionavigacijski sustav za određivanje položaja na Zemlji ili u njezinoj blizini. Sustav omogućuje korisniku određivanje svih koordinata njegova trenutnog položaja u jedinstvenom globalnom koordinatnom sustavu. Globalni položajni sustav čine: skupina umjetnih satelita u orbitama oko Zemlje koji kontinuirano odašilju kodirane radiosignale s podacima o svojem trenutnom položaju i vremenu odašiljanja (satelitski segment sustava), zemaljske postaje koje preciznim mjerenjima utvrđuju položaj satelita i prate njihov rad (kontrolni segment) te prijarnici korisnika koji, najčešće u kompaktnom kućištu, sadržavaju antenu, radioprijamnik i računalo (korisnički segment). [26]

Danas je u najširoj civilnoj uporabi NAVSTAR/GPS (engl. *Navigation System with Time and Ranging / Global Positioning System*, najčešće samo GPS), američki sustav koji je, prvotno za vojne potrebe, razvilo Ministarstvo obrane SAD-a. Satelitski segment toga sustava sastoji se od 27 satelita, ravnomjerno raspoređena u šest orbitalnih ravnina, koji svakih 12 sati obiđu Zemlju na udaljenosti od približno 20 200 km. Prvi je satelit lansiran 1978., a puna je konstelacija ostvarena 1995. Položaj satelita prati pet zemaljskih postaja (glavna u Colorado Springsu u SAD-u, preostale četiri u blizini ekvatora). Osim američkoga, djelomično su operativni ili su u pripremi i globalni položajni sustavi Rusije (*GLONASS*), Europske zajednice (*Galileo*) te Kine (*Beidou*). [26]

Osnovna GPS usluga korisnicima pruža točnost od približno 7,0 metara, 95% vremena, bilo gdje na površini zemlje ili blizu nje. Da bi se to postiglo, svaki od 27 satelita emitira signale koji omogućuju prijemnicima kombinacijom signala s najmanje četiri satelita da odrede njihovu lokaciju i vrijeme, Slika 8. GPS sateliti nose atomske satove koji pružaju iznimno točno vrijeme. Podaci o vremenu smješteni su u kodove koje emitira satelit tako da prijemnik može kontinuirano odrediti vrijeme emitiranja signala. [2]



Slika 12. Rad GPA-a, [28]

Svaki satelit odašilje radio signale koje obrađuje GPS prijemnik u automobilu. To se radi pomoću matematičkog principa koji se naziva trilateracija. Kako bi trilaterirao, GPS prijemnik

mora pratiti odnosno znati lokaciju s najmanje tri satelita koji kruže iznad. Također mora znati udaljenost između lokacije i svakog od tih satelita. Uspoređujući lokacije svakog satelita i udaljenost od svakog, te ponavljajući ovu jednadžbu uvijek iznova, GPS sustav za praćenje vozila tada konfigurira lokaciju, smjer putovanja i brzinu putovanja. [29]

Dvije su vrste GPS, aktivni i pasivni. Pasivan princip praćenja vozila bazira se na pamćenju određenih točaka kojima je vozilo prolazilo, a ne cjelokupnog puta. Sve informacije spremaju se na GPS uređaj. Informacija dobivena ovom metodom je statističke prirode, jer njome se mogu pratiti kretanja vozila, ali snimljeni podaci nisu u stvarnom vremenu, već se gleda učestalost pohađanih mjesta. Aktivna metoda se koristi kada se ukazuje potreba za informacijom o položaju koja je funkcija vremena. Dolazi do periodičkog osvježavanja informacija (npr. svake sekunde), te na taj način može se detaljno pratiti kretanje vozila. Osim položaja vozila, informacije koje se šalju mogu biti brzina i smjer. [30]

4.4. RAČUNALNI VID

Računalni vid definira se kao znanstvena i tehnološka disciplina koja se bavi teorijom i izradom sustava koji služe za dobivanje informacija iz slika, bilo to iz jedne ili više fotografija ili video uradaka. On radi pomoću algoritama, npr. SIFT je algoritam koji služi za pronalazak i opisivanje lokalnih značajki neke slike, a glavna karakteristika mu je otpornost na promjene osvjetljenja i zaklonjenosti traženog objekta, ima mogućnosti trodimenzionalnog rekonstruiranja scene te veliku mogućnost u nadgledanju, bilo u svrhu nadgledanja i traženja neželjenih objekata ili prebrojavanja (ljudi, automobila...). Algoritam Viola-Jones primarno je napravljen za otkrivanje ljudskih lica na slici, ali može se koristiti za pronalaženje nekih drugih objekata za koje ga se nauči kao npr. uočavanje pješaka, automobila, prometnih znakova, pješačkih prijelaza. [31]

Kada se govori i računalnom vidu kamere su ključne za niz bitnih zadataka kao npr. pronalaženje traka, procjena zakrivljenosti ceste, otkrivanje i klasifikacija prepreka, prometnih znakova, semafora itd. On se često naziva "percepcija", jer su kamere primarni (ali ne i jedini) alat koji vozilo koristi za opažanje svog okoliša. [32]

Istraživači i stručnjaci primjenjuju tehnologiju računalnog vida na autonomna vozila kako bi bila sigurnija i za putnike i pješake. Snimke koje se stvaraju uživo pomažu odnosno,

omogućuju računalnom vidu stvaranje 3D karata s kojima mogu predvidjeti nesreće te odmah u slučaju potrebe aktivirati zračne jastuke za zaštitu putnika. Također u kombinaciji s LIDAR sustavom i 3D kartama te ostalim sensorima mogu se prikupiti veliki skupovi podataka uključujući podatke o lokaciji, stanje u prometu, održavanje cesta, gužve i drugi. Ovi detaljni podaci mogu pomoći autonomnim vozilima da koriste svjesnost o situaciji i donesu vitalne odluke što je prije moguće, dakle podatci se trenutačno obrađuju radi donošenja odluka u stvarnom vremenu. Tako će računalni vid omogućiti autonomnim vozilima prepoznavanje prepreka i izbjegavanje sudara te nesreća. [33]

4.4.1. NAČIN RADA PRI SLABOM OSVJETLJENJU OMOGUĆEN RAČUNALNIM VIDOM

Kako bi obrađivali slike i videozapise pri slabom osvjetljenju, autonomna vozila koriste drugačije algoritme od onih koji se koriste za dnevno svjetlo. Slike snimljene pri slabom osvjetljenju mogu biti mutne i takvi podaci možda nisu dovoljno točni za ova vozila. Čim računalni vid otkrije stanje slabog osvjetljenja, može se prebaciti u način rada pri slabom osvjetljenju. Takvi se podaci mogu dobiti pomoću LIDAR senzora, toplinskih kamera i HDR senzora. Ove vrste opreme mogu se koristiti za stvaranje visokokvalitetnih slika i video zapisa. Autonomna vozila mogu se učiniti inteligentnim, samostalnim i pouzdanim pomoću tehnologije računalnog vida. [33]

4.4.2. DUBOKO UČENJE

U posljednje vrijeme duboko učenje pomoću neuronskih mreža nadmašilo je svaku drugu tehniku prilikom otkrivanja linija na kolniku kao i pri otkrivanju prepreka na kolniku. Za obradu podataka prikupljenih s kamera, duboko učenje nadmašuje mnoge tehnike poput tradicionalnog računalnog vida i strojnog učenja. Ove neuronske mreže uče iz podataka. Na primjer, kako bi se naučila duboka neuronska mreža kako izgleda znak stop, hrani se tisućama slika znakova stop on postupno "uči". Nasuprot tome, tradicionalniji pristupi računalnom vidu fokusiraju se na prostor boja, nagiba i rubova na slici, područja interesa unutar slike i druge tehnike strojnog učenja za izdvajanje srednjih "značajki" iz slike.[32]

4.5. KLIJENTSKI SUSTAV

Klijentski sustav: Predstavlja mozak AV-a, s dvije glavne odgovornosti. Prva, mora obraditi sve prikupljene podatke i izvući značajne informacije kako bi se tumačilo okruženje (percepcija) i postaviti relativni položaj za vozilo. Druga je odluka, mora odlučiti o sljedećim radnjama vozila.[34]

Opažanje se sastoji od tri dijela: pozicioniranja, otkrivanja i praćenje. Svi oni uključuju spajanje podataka s različitih senzora uz podršku HD karata. Spajanje podataka vrši se pomoću algoritama koji rade na različitim razinama. Prva razina je niska na kojoj se kombiniraju sirovi podatci koji će se generirati veću bazu podataka. Na srednjoj razini, unaprijed obrađeni podaci s različitih senzora se spajaju te se na visokoj razini donosi konačna odluka. Osim toga, tehnike dubokog učenja koriste se za prepoznavanje i praćenje objekata, to je već spomenuti proces strojnog učenja pomoću neuronske mreže. Duboko učenje se pokazalo vrlo prikladnim za rukovanje velikim količinama podataka i postiže veliku točnost bez potrebe za ljudskim nadzorom. Nakon što je okolina prepoznata i shvaćena, moraju se donijeti učinkovite i sigurne odluke te prenijeti na sustav djelovanja. Glavni dijelovi ove odluke uključuju predviđanje radnji, planiranje puta i odabir, te izbjegavanje prepreka. Vozilo u određenoj mjeri reproducira ljudski proces donošenja odluka. Međutim, ljudsko zaključivanje jest vrlo fleksibilno i sposobno prilagoditi različitim situacijama no vozilo nije jer ono radi po zadanim okolnostima i slijedi niz unaprijed definiranih pravila. Za donošenje odluke uvijek se u procesu uzimaju se stohastičke i determinističke metode koje koriste predviđanja kretanja vozila te moguće puteve. U konačnici, najmanje dva mehanizma za izbjegavanje prepreka se provode. Prvi, proaktivan, predviđa opasne situacije kontinuiranim predviđanjem sigurnosnih varijabli kao što su minimalne praznine u odnosu na druga vozila. Ako se tumače kao rizično, sustav ponovno izračunava planiranje puta. Drugi mehanizam je reaktivan i samo se primjenjuje kada prvi mehanizam nije mogao spriječiti sudar. Prethodni zadaci percepcije i odlučivanja zahtijevaju vrlo snažnu hardversku platformu i iznimno napredno upravljanje sustavom. [34]

4.6. AKCIJSKI SUSTAV

Akcijski sustavi čine mehanički dijelovi autonomnoga vozila (sustav upravljanja, kočioni sustav, pogonski sklop), koji izvode naredbe zaprimljene od klijentskoga sustava te usmjeravaju autonomno vozilo.[34]

5. UTJECAJ AUTONOMNIH VOZILA NA SIGURNOST CESTOVNOG PROMETA

Broj automobilskih nesreća u svijetu predstavlja veliki problem koji ponekad nosi i smrtne posljedice. Uzimajući za primjer u Sjedinjenim Državama dogodilo se više od 5,3 milijuna automobilskih nesreća u 2011. godini, što je rezultiralo s više od 2,2 milijuna ozljeda i 32.000 smrtnih slučajeva, kao i milijarde dolara privatnih i društvenih troškova. U svijetu su te brojke mnogo veće. Tehnologija AV može dramatično smanjiti učestalost sudara. Institut za sigurnosti autocesta (IIHS) procijenio je da su vozila imala sustave upozorenja o sudaru, napuštanju trake, pomoć pri bočnom pogledu (mrtvi ugao) i prilagodljiva svjetla, gotovo trećina nesreća i smrtnih slučajeva mogla se spriječiti. Stoga puštajući tehnologiji da upravlja vozilima može se postići veća sigurnost na ulicama. [35]

5.1. UTJECAJ AUTONOMNIH VOZILA NA CESTOVNU INFRASTRUKTURU

Najveći zahtjev za cestovnu infrastrukturu bit će dijeljenje ceste s vozilima razine 5. i razina 0–2 tj. dijeljenje, potpuno autonomnih vozila, ceste, s vozilima s djelomičnom automatizacijom ili bez nje. To bi značilo da cestovne mreže moraju biti sposobne prihvatiti ili ograničiti cijeli raspon interakcija između mješovitog prometa. Takav dizajn ceste doveo bi do povećanih rizika za sudionike prometa. Dakle, osim ako autonomna vozila ne voze na potpuno odvojenim, namjenskim cestama, drugi će se sudionici u prometu morati odvojiti ili educirati te se prilagoditi ponašanju AV-a na različite načine. Dijeljenje cesta između vozila razine 5 i vozila razine 3–4 predstavljalo bi manje zahtjevan scenarij, jer je među njima manje raznolikosti, ali ipak unosi dodatne složenosti. Potpuno autonomna vozila mogu se pustiti u rad samo na njima infrastrukturom prilagođenim cestama ili mogu biti djelomično integrirani no moraju se vratiti na razinu 0–2 u vožnji ako nisu na namjenskim cestama ili namjenskim trakama. Europsko Savjetodavno vijeće za istraživanje cestovnog prometa (ERTRAC) predlaže uključivanje posjedovanja za prelazak na razinu 0–2 ako to zahtijevaju uvjeti na cesti.[36]

Autonomna vozila zahtijevaju od infrastrukture da prometni znakovi i oznake na cesti imaju vidljive rubove cesta, zavoje, ograničenja brzine i druge oznake na kolniku za

dovršavanje zadatka lociranja, navigacije i parkiranja. No izbljedjele oznake na cestama, ne čitljivi znakovi kao i nestandardni prometni znakovi česte su pojave. Vlade i organizacije trebale bi pozvati na ujednačeno označavanje cesta i globalnu standardizaciju prometnih znakova. Uspješno uvođenje AV-a ne zahtijeva samo postavljanje instrumenata poput kamera i senzora na samo vozila nego i na cestovnu infrastrukturu. Za primjenu digitalne tehnologije su potrebna je znatna količina senzora, uključujući senzore na cesti, poput detektora, magnetskih detektora, i nad cestama (kamere, radare, ultrazvučne senzore itd.) Ovi senzori osim pomoći vozilima mogu pomoći centru za upravljanje cestama u praćenju prometnih zahtjeva i za postizanje neometanog protoka prometa. Budući da autonomna vozila mogu predvidljivije prilagoditi brzinu vozila kroz komunikacije između vozila i vozila i infrastrukture kako bi se izbjeglo naglo kočenje, time se zapravo smanjuje standard projektiranja zaustavnog puta. Samim tim moguće je korištenje materijala manje otpornih na proklizavanje u površinskim slojevima cesta prilikom izgradnje.[37]

Bez obzira na brzinu razvoja autonomnih vozila kao bolje rješenje obnove pokazuje se ažuriranje infrastrukture kroz održavanje, a ne radikalno mijenjanje budući da to nije samo za potrebe AV -a, nego i za zadovoljavanje sigurnosnih zahtjeva konvencionalnih vozila.[37]

5.2. UTJECAJ AUTONOMNIH VOZILA NA MOBILNOST

Veliki utjecaj tehnologija AV ima na povećanje mobilnost za one koji ne mogu ili ne žele voziti. Četvrta kao i peta razina autonomnosti ne uključuju potrebu vozača što omogućuje prijevoz slijepih osoba, invalida ili onih koji su premladi za vožnju. Prednosti takvih vozila su neovisnost, smanjenje društvene izolacije i pristup osnovnim uslugama. [35]

5.3. UČINAK NA ZAGUŠENJE PROMETA I NJEGOVE TROŠKOVE

Napredne tehnologije značajno smanjuju trošak zagušenja. Prometne gužve uzrokuju niz društvenih troškova uključujući uzalud potrošeno vrijeme, višak potrošnje goriva, povećanje emisije, zagađivača i stakleničkih plinova, stres vozača, smanjenu ekonomsku učinkovitost. [35]

Automatizacija vozila na višim razinama, uz pomoć tehnologije koja je opisana u prethodnim poglavljima omogućuje bolju prohodnost prometa analizom rute, komunikacijom, ne stvarajući gužve i samim tim eliminira negativne posljedice uzrokovane ljudskim djelovanjem.

5.4. ODGOVORNOST, SIGURNOST I PRIVATNOST KOD AUTONOMNIH VOZILA

Procjenjuje se da je najmanje 90% prometnih nesreća posljedica ljudske pogreške. [21]

Djelovanje autonomnih vozila može smanjiti ili čak ukloniti najveći uzrok prometnih nesreća zbog svoje tehničke percepcije, odlučivanja i izvršenja u vremenskom roku kojem čovjek možda ne bi mogao. To može putnicima dati novu dozu sigurnosti u vožnji no tu dolazi do pitanja greške stroja. Kako raste složenost tehnologije tako raste i vjerojatnost tehničkih pogrešaka. No glavno pitanje je sam način programiranja sustava koji djeluje, npr. način reagiranja kada je neizbježna prometna nesreća, tko snosi krivicu ili odgovornost budući da se nesreće se ne mogu subjektivno procijeniti, što zahtijeva pravila za reguliranje reakcija AV-a, pokušavajući donositi moralne odluke.[38]

U većini konvencionalnih prometnih nesreća vozač zadržava određenu kontrolu nad vozilom, stoga preuzima primarnu odgovornost za sudbinu vozila međutim, osobe u potpunom AV-u nisu dužne kontrolirati. Dio ili cijela odgovornost prijeći će na AV što uključuju odgovornost proizvođača, odnosno proizvođača. No još nije jasno kako će se odgovornost raspodijeliti, hoće li čovjek snositi dio odgovornosti sudara ako postoji funkcija ručnog upravljanja koju nije uspio upotrijebiti. Nema jasnog pravnog okvira koji opisuje način raspodjele odgovornosti između trećih strana odgovornih za projektiranje AV sustava - proizvođač, dobavljač, davatelj softvera ili softver operator - identificiranje i odvajanje različitih komponenti koji je kvar. Postojeći pravni okviri ne definiraju praktične i moralne odgovornosti softverskih programera pri osmišljavanju "algoritama rušenja" koji određuju odluke o životu ili smrti. Države tek trebaju standardizirati kriterije odlučivanja algoritama tijekom nesreća. Na primjer, treba li odlukama dati prioritet prema vjerojatnosti, ozbiljnosti, vrste ozljede ili prema broju ozlijeđenih osoba. [38]

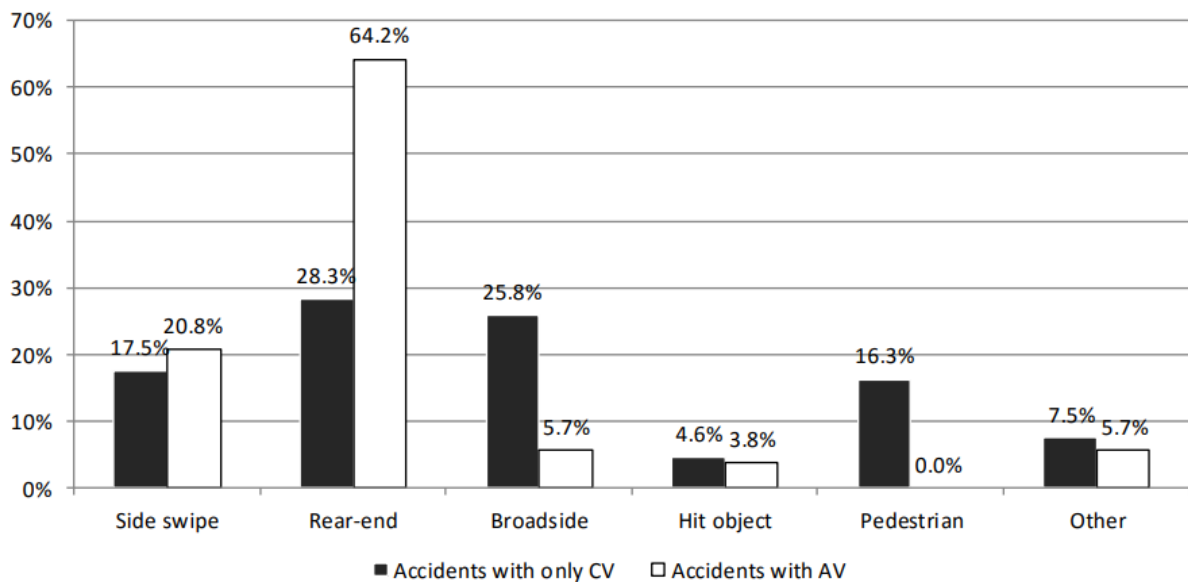
Povezivanjem auta, dijeljenjem podataka, lokacije i drugih potrebnih značajki dolazi se do pitanja privatnosti čovjeka, odnosno tko i kako koristi te podatke, gdje se pohranjuju.

Komunikacija između vozila koristi se zbog sigurnosnih razloga, dakle ona otkriva kretanje i geografsku poziciju vozila što je putem mreža dostupno svim korisnicima te se može zloupotrijebiti na način prodaje podataka, krađe identiteta i drugih. Također, pristup bežičnoj mreži međusobno povezanih AV omogućuje javnim i privatnim agencijama daljinsko praćenje AV korisnika. Prijetnje kibernetičkoj sigurnosti konvencionalnim vozilima s automatiziranim značajkama već postoje. Provođena istraživanja otkrila su ljudi najviše zabrinuti zbog hakiranja softvera i zlouporaba vozila sa svim razinama automatizacije. Hakeri mogu preuzeti kontrolu nad vozila putem bežičnih mreža (kao što su Bluetooth, sustavi za unos bez ključa, mobilne ili druge veze) jer se automobil povezuje s okolinom. Svojom sposobnošću za pohranu i prijenos podataka, AV su atraktivne mete, informacije se mogu prodati radi financijske dobiti, ili sustavi mogu biti koristi se za nanošenje fizičkih ozljeda od strane ekstremista ili se koristi u nezakonite svrhe. [38]

5.5. NESREĆE S AUTONOMNIM VOZILIMA

Prema istraživanju provedenom u saveznoj američkoj državi Kaliforniji koristeći podatke o vrstama nesreća u razdoblju od siječnja 2015. do prosinca 2017. godine najznačajnija nesreća bila je nesreća u stražnji kraj automobila. Naime, udio prometnih nesreća ove vrste sudara veći je u nesrećama s autonomnim vozilima te postotak iznosi 64,2%, za razliku od nesreće sa konvencionalnim vozilom (CV) gdje postotak nesreća iznosi 28,3%, Slika 13. prikazuje u postotcima raspodjelu nesreća prema vrsti sudara. Pretpostavka je da za ovu razliku vozači nisu navikli stilu vožnje autonomnih vozila. AV-a ponašaju se u skladu s prometnim propisima i ne pribjegavaju prebrzoj, agresivnoj vožnji, imaju brže vrijeme reakcije, i veću pažnju za razliku od vozača. Postotak prebrze vožnje u naselju u 38 zemalja svijeta iznosi 61%. Posljedično, greške vozača CV zbog svoje vožnje na primjer u koloni dovode do pojave prometne sreće tipa "stražnji kraj". Naime, AV -ovi nježno ubrzavaju i usporavaju kako bi osigurali veću udobnost svojim putnicima dok vozači imaju više agresivan stil vožnje naglim kočenjem ili ubrzavanjem. Manja razlika uočena je u tipovima sudara „široka strana“ i „pješak“. Ove dvije vrste prometne nesreće predstavljaju ukupno 5,7% nesreća s AV -om

naspram 42,1% nesreća sa konvencionalnim vozilom. Glavni razlog ovih rezultata je pretpostavka da se AV-a pažljivije približavaju raskrižjima gdje se najčešće događaju "široki" sudari. Također, AV su skloni čestim zaustavljanjima pružajući prednost pješacima. Korištenje složenih sustava za opažanje okoliša poput lidar-a, kamera te ostalih sustava definiranih u ovom radu AV može locirati i pratiti nepomične i pokretne objekte u vrlo velikom području te se upotrebom ovih sustava može smanjiti broj prometnih nesreća s pješacima do 90%. Općenito se može primijetiti da je uvođenje AV - a imaju pozitivan utjecaj na raspodjelu vrsta sudara, jer udio nesreća koje često imaju teške posljedice opadaju, dok se udio nesreća koje obično imaju samo posljedice oštećenja, poput nesreće "stražnji kraj", se povećavaju.[39]



Slika 13. Raspodjela prometnih nesreća prema vrsti sudara, [39]

6. ZAKLJUČAK

Klasifikacijom vozila na razine autonomnosti i njezinim opisivanjem moguće je uočiti ogroman napredak auto industrije koji je išao relativno „brzo“, ali sigurno, ponajviše zahvaljujući vojnim potrebama. Danas se u široj primjeni koriste tehnologije prve i druge razine, a treća je započela svoje djelovanje zahvaljujući Hondi Legend koji je prvi automobil sa unaprijeđenim sustavom autonomne vožnje u 2021. godini. Glavni predstavnik druge razine automatizacije je auto - kompanija Tesla sa svojim modelima vozila koji uz pomoć autopilota , naprednog sustav pomoći vozaču pružaju poboljšanu sigurnost i udobnost za upravljačem te smanjuju ukupno opterećenje vozača.

Snalaženje u prostoru, bolju percepciju prostora od čovjeka, brzo reagiranje, donošenje odluke, komunikaciju s vozilima i okruženjem autonomna vozila dobivaju uz pomoć informacija koje dolaze iz senzora i kamera raspoređenih na automobilu. Upravljački sustavi glavni su pokretači vozila. Računalni vid, duboko učenje i sama umjetna inteligencija čine srž autonomnih vozila.

Inovativne tehnologije poput autonomnih vozila stvaraju rizike, ponekad i neželjene posljedice no ona su velika budućnost cestovnog prometa. Prometa, koji će biti bez zagušenja, u kojem će nesreće biti svedene na minimum, gdje će vožnja biti lagodna i bez stresa, koji će omogućiti, kretanje svim osobama, smanjenje troškova putovanja kao i utrošenog vremena te još mnogo toga. Daljnjim razvijanjem i samim puštanjem takvih vozila na cestu osigurati će se bolja sigurnost i sama privatnost korisnika.

Tehnologije koje su danas na tržištu pružaju djelomičnu „udobnost i slobodu“ putovanja, na onu autonomnu morat će se sačekati još neko vrijeme.

LITERATURA

- [1] Revija.hr. Preuzeto sa: <https://revijahak.hr/2018/12/23/autonomna-voznja-sve-je-pocelo-jos-s-nikolom-teslom-a-prvi-pokusaj-bio-je-1925-godine/> [Pristupljeno: kolovoz 2021.]
- [2] Opačić A. (2007): Autonomna vozila - automobili budućnosti, Ekscentar, no. 10, pp. 114-115
- [3] LifeHacker. Preuzeto sa: <https://www.lifehacker.com.au/2016/02/creator-of-the-worlds-first-self-driving-cars-ernst-dickmanns/> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [4] Back to the Future: Autonomous Driving in 1995. Preuzeto sa: https://www.roboticsbusinessreview.com/slideshow/back_to_the_future_autonomous_driving_in_1995/ [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [5] Preuzeto sa: https://www.researchgate.net/figure/NAVLab-vision-guided-car-2_fig1_267232246 [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [6] Driverless milestone: No Hands Across America. Preuzeto sa: <https://www.sfchronicle.com/business/article/Driverless-milestone-No-Hands-Across-America-11278241.php> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [7] Wikipedia. Preuzeto sa: https://en.wikipedia.org/wiki/DARPA_Grand_Challenge [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [8] Preuzeto sa: <http://transposition.com.au/papers/AutonomousVehicles.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [9] Synopsys. Preuzeto sa: <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-autonomous-car.html> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [10] Bug. Preuzeto sa: <https://www.bug.hr/transport/autonomna-cestovna-vozila-robotivozi-polako-20775> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [11] Branka Krajnović, 2017. Navigacija autonomnih vozila. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti
- [12] Mikulić D, Rauker J, Šaban A, B. Katana. Karakteristike automobila u budućnosti u kontekstu razvoja sigurnosti prometa. Veleučilište Velika Gorica
- [13] Yair Wiseman. Autonomous Vehicles, Bar-Ilan University, Israel, 2014
- [14] Tesla. Preuzeto sa: <https://www.tesla.com/support/autopilot?redirect=n> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [15] Preuzeto sa: https://www.eetimes.com/wpcontent/uploads/ILLUS2_TESLA_MODEL3_Sensors_ADAS_Applications_SYSTEMPLUSCONSULTING_June2020.jpg [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [16] Chevrolet. Preuzeto sa: <https://www.chevrolet.com/electric/super-cruise> [Pristupljeno: kolovoz 2021]

- [17] Jessica S.C, Christian Wardlaw. Levels of Autonomous Driving, Explained, 2021
- [18] Preuzeto sa: <https://autoprodaja.ba/nova-honda-legend-vozi-sama-cak-i-samostalno-obilazi-vozila-video/> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [19] Audi. Preuzeto sa: <https://magazine.audi.com.au/article/audi-ai-traffic-jam-pilot> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [20] Road show. Preuzeto sa: <https://www.cnet.com/roadshow/news/2019-audi-a8-level-3-traffic-jam-pilot-self-driving-automation-not-for-us/> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [21] Electronic Design. Preuzeto sa: <https://www.electronicdesign.com/markets/automotive/article/21158656/electronic-design-worlds-first-level-3-selfdriving-production-car-now-available-in-japan> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [22] Joint Radar-Communications Strategies for Autonomous Vehicles 2020. Preuzeto sa: <http://www.wisdom.weizmann.ac.il/~yonina/YoninaEldar/journals/09127852.pdf> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [23] Wikipedia. Preuzeto sa: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Lidar> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [24] Motaz Khader, Samir Cherian. An Introduction to Automotive LIDAR. 2020
- [25] Santiago Royo, Maria Ballesta-Garcia. An Overview of Lidar Imaging Systems for Autonomous Vehicles. 2019
- [26] Enciklopedija.hr. Preuzeto sa: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=22330> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [27] FAA. Satellite Navigation. Preuzeto sa: https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/nav_services/gnss/gps/howitworks/ [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [28] Ivan Jandrijević, 2018. Integracija navigacijskih i komunikacijskih sustava za poboljšanje navigacijskih sposobnosti. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti
- [29] How does a vehicle GPS work. Preuzeto sa: <https://www.gpstracker.at/how-does-a-vehicle-gps-work/> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [30] Marko Butorac, 2006. GPS praćenje. Seminarski rad. Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva
- [31] Milan Hrga. Računalni vid. Veleučilište u Šibeniku, 2018
- [32] Likend In. Preuzeto sa: <https://www.linkedin.com/pulse/how-computer-vision-works-self-driving-cars-david-silver> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [33] Analytics Insight. Preuzeto sa: <https://www.analyticsinsight.net/computer-vision-makes-autonomous-vehicles-intelligent-and-reliable/> [Pristupljeno: kolovoz 2021]
- [34] Margarita M.D, Francisc S, Ignacio P. Autonomous driving: a bird's eye view. IET Intelligent Transport Systems, 2018

[35] Anderson J., Kalra N., Stanley K., Sorensen P., Samaras C., Oluwatola O.: Autonomous Vehicle Technology; A Guide for Policymakers

[36] Johnson C.: Readiness of the road network for connected and autonomous vehicles, CAS, 2017.

[37] Road infrastructure requirement for Connected and Autonomous Vehicles. Preuzeto sa: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1187/4/042073> [Pristupljeno: kolovoz 2021]

[38] Araz Taeihagh, Hazel Si Min Lim. Governing autonomous vehicles: emerging responses for safety, liability, privacy, cybersecurity, and industry risks, 2018

[39] ResearchGate. Preuzeto sa: https://www.researchgate.net/publication/340075089_Traffic_Accidents_with_Autonomous_Vehicles_Type_of_Collisions_Manoeuvres_and_Errors_of_Conventional_Vehicles'_Drivers [Pristupljeno: kolovoz 2021]

POPIS SLIKA

Slika 1. Prvo vozilo s autonomnom vožnjom	3
Slika 2. Minivan Pontiac Trans Sport korišten za prvo autonomno putvanje	4
Slika 3. Prikaz unutrašnjosti Minivana	5
Slika 4. Raspored senzora na automobilu	10
Slika 5. Procjena prilagodne automobila autonomnoj vožnji	11
Slika 6. Razine autonomnosti vozila	12
Slika 7. Raspored senzora i kamera kod Teslinih vozila	14
Slika 8. Honda Legend	17
Slika 9. Audi A8	18
Slika 10. Prikaz funkcije radara	22
Slika 11. Princip rada LIDER sustava	23
Slika 12. Rad GPA-a	24
Slika 13. Raspodjela prometnih nesreća prema vrsti sudara	33



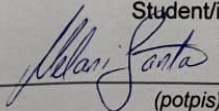
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj završni rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.
Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog rada
pod naslovom **Analiza razina autonomnosti kod cestovnih prijevoznih sredstava**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 01.09.2021

Student/ica:

(potpis)