

Upotreba autonomnih vozila u logistici

Govorčin, Dominik

Undergraduate thesis / Završni 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:187:412208>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-05**



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](#)



**SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET**

DOMINIK GOVORČIN

UPOTREBA AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTICI

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET U RIJECI

UPOTREBA AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTICI
USE OF AUTONOMOUS VEHICLES IN LOGISTICS
ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Inženjerska logistika

Mentor: doc. dr. sc. Dražen Žgaljić

Student: Dominik Govorčin

Studijski smjer: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112084148

Rijeka, rujan 2023.

Student: Dominik Govorčin

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112084148

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom

AUTONOMNA VOZILA U LOGISTICI

izradio samostalno pod mentorstvom doc. dr. sc. Dražena Žgaljića.

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

Student



Ime i prezime studenta

DOMINIK GOVORČIN

Student/studentica: Dominik Govorčin

Studijski program: Logistika i menadžment u pomorstvu i prometu

JMBAG: 0112084148

IZJAVA STUDENTA – AUTORA O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG
RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog 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 završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima Creative Commons licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses>

Student - autor



SAŽETAK

Glavni fokus ovog završnog rada je istraživanje nastanka i razvoja autonomnih vozila, kao i razlozi njihovog nastanka. U prvom dijelu rada će biti opisan koncept i povijest prometa, a zatim i vozila. Nakon toga, detaljno će se razmotriti ideja, povijest i razvoj autonomnih vozila, te će se istražiti sustavi upravljanja koji omogućuju autonomnu vožnju. Nadalje, analizirat će se različite razine automatizacije autonomnih vozila. Također ćemo istražiti prednosti i nedostatke autonomnih vozila, te se baviti njihovom primjenom u logistici nakon općenite definicije logistike. Dotaknut ćemo se i primjera nesreća s tragičnim ishodom u kojima su sudjelovala autonomna vozila, te ćemo predstaviti neke od najpoznatijih proizvođača tehnologije koja se koristi u autonomnim vozilima.

Ključne riječi: Autonomna vozila, logistika, AGV, transport, inteligentni transportni sustavi.

SUMMARY

The main focus of this final paper is the exploration of the origin and development of autonomous vehicles, as well as the reasons for their emergence. In the first part of the paper, we will describe the concept and history of transportation, followed by a discussion of vehicles. Afterward, we will thoroughly examine the idea, history, and development of autonomous vehicles, as well as investigate the control systems that enable autonomous driving. Furthermore, we will analyze different levels of automation in autonomous vehicles. We will also explore the advantages and disadvantages of autonomous vehicles and delve into their application in logistics after a general definition of logistics. We will touch upon examples of accidents with tragic outcomes involving autonomous vehicles and introduce some of the most renowned technology manufacturers used in autonomous vehicles

Keywords: Autonomous vehicles, logistics, AGV (Automated Guided Vehicle), transportation, intelligent transportation systems.

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
1. UVOD	1
2. POJAM LOGISTIKE	2
2.1. DEFINICIJA LOGISTIKE	2
2.2. VRSTE LOGISTIKE	2
2.3. POVIJESNI RAZVOJ LOGISTIKE	3
2.4. RAZVOJ LOGISTIKE U REPUBLICI HRVATSKOJ	4
3. UZROCI POTREBE AUTONOMNIH VOZILA	5
3.1. GLOBALIZACIJA PROIZVODNJE	5
3.1.1. Širenje logističkog dohvata	5
3.2. PROMJENA TEHNOLOGIJE	6
3.2.1. Kontejnerizacija svjetske trgovine	6
3.2.2. Dizajn budućih kontejnerskih brodova	6
3.2.3. Vertikalna specijalizacija	7
4. POVIJEST AUTONOMNIH VOZILA	8
4.1. POJAM AUTONOMNIH VOZILA	8
4.2. RAZVOJ AUTONOMNIH VOZILA.....	8
5. KLASIFIKACIJA AUTONOMNIH VOZILA	11
5.1. KLASIFIKACIJA POMORSKIH VOZILA	11
5.2. KLASIFIKACIJA KOPNENIH VOZILA.....	12
6. PRINCIP RADA AUTONOMNIH VOZILA	16
6.1. FUNKCIONIRANJE AUTONOMNIH VOZILA.....	16
6.2. SENZORI AUTONOMNIH VOZILA	16
6.2.1. LiDAR.....	16
6.2.1.1. <i>Elektromehanički LiDAR</i>	17

6.2.1.2 LiDAR u čvrstom stanju	17
6.2.2. RADAR sistem.....	18
6.3. V2V KOMUNIKACIJA	19
6.4. KAMERE U AUTONOMNIM VOZILIMA.....	19
7. PREDNOSTI I NEDOSTATCI AUTONOMNIH VOZILA	21
7.1. PREDNOSTI AUTONOMNIH VOZILA	21
7.2. NEDOSTATCI AUTONOMNIH VOZILA	22
8. PRIMJERI PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTICI.....	24
8.1. AUTOMATSKI VOĐENA VOZILA	24
8.2. AUTOMATSKE SKLADIŠNE DIZALICE I ROBOTSKO UPRAVLJANJE.....	25
8.3. SUSTAVI NAVOĐENJA U AGV-OVIMA.....	25
8.3.1 LASERSKI NAVOĐENA VOZILA.....	25
8.3.2 MAGNETSKI NAVOĐENA VOZILA.....	26
8.3.3. PRIRODNA NAVIGACIJA.....	27
8.3.4 VIZUALNO NAVOĐENA VOZILA.....	27
8.4. PREDNOSTI AGV VOZILA.....	28
9. BUDUĆNOST PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTICI.....	32
9.1. RJEŠENJA KOJA AUTONOMNA VOZILA NUDE U BUDUĆNOSTI.....	33
9.2 INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI U LUKAMA.....	31
10. ZAKLJUČAK.....	35
LITERATURA	37
KAZALO KRATICA.....	39
POPIS SLIKA.....	40
POPIS GRAFIKONA	40

1. UVOD

U doba kada tehnologija kontinuirano mijenja krajolik industrije, pojava autonomnih vozila predstavlja revolucionarnu inovaciju sposobnu preoblikovati logistiku. Ova samovozeća čuda kako ih laici nazivaju, nekada rezervirana za domenu znanstvene fantastike, postala su stvarnost s potencijalom za redefiniranje načina na koji se prevoze, upravljaju i isporučuju roba. U dinamičnom svijetu logistike, gdje su učinkovitost i preciznost od najveće važnosti, integracija autonomnih vozila obećava veliku promjenu. Ovaj rad dublje istražuje transformacijski utjecaj autonomnih vozila na sektor logistike, istražujući kako poboljšavaju učinkovitost, smanjuju troškove i adresiraju pitanja održivosti. Dok budemo putovali kroz ovu analizu, razotkrit ćemo složenu mrežu tehnologije, regulacija i izazova koji prate usvajanje autonomnih vozila u logistici, konačno bacajući svjetlo na budućnost u kojoj ova vozila neće samo voziti cestama, već i kroz samu srž globalnih lanaca opskrbe.

Kroz devet poglavlja razraditi će se princip samog djelovanja autonomnih vozila, prikaz najranijih početaka autonomnih vozila do njihove sadašnjosti odnosno njihove primjene u sadašnjosti te pogled na samu budućnost autonomnih vozila. Dotaknuti će biti i primjeri njihove primjene u lukama, kao i njihove prednosti i nedostaci. Izazovi i brojna pitanja koja se pojavljuju i na koja je potrebno odgovoriti prije no što ova vozila postanu svakodnevna tema su ovog završnog rada.

2. POJAM LOGISTIKE

Pojam logistike odnosno objašnjenje logističkih procesa i same njene definicije objašnjeno će biti u ovom poglavlju. Isto tako objašnjene će biti podvrste kao i povijest same logistike.

2.1. DEFINICIJA LOGISTIKE

Koncept i vrste logistike općenito su predstavljeni kao skup mjera usmjerenih na organiziranje racionalnog kretanja robe od proizvođača do kupca. Svaki poslovni subjekt predstavljen je kao logički lanac ili niz logističkih sustava koji međusobno djeluju.

Razvojem ovog ekonomskog koncepta pojavila se potreba za njegovom sistematizacijom. Nažalost, vrste logistike i dalje su nesavršene i zbog toga se neprestano ažuriraju. Međutim, danas se može tvrditi da je njihova glavna podjela makro- i mikro-logička. Prve vrste logistike djeluju na međunarodnoj razini gospodarstva. Drugi - na razini pojedinog poduzeća ili trgovačkog i industrijskog kompleksa. Upravo se u tim kompleksima mogu koristiti vrste logistike od kojih svaka odgovara strukturnoj jedinici poslovnog subjekta.¹

2.2. VRSTE LOGISTIKE

Prema područjima djelovanja, danas postoji podjela logističkog sustava na:

- megalogistiku
- globalna logistiku
- makro - metalogistika - mikro
- interlogistiku i intralogistiku
- uslužna logistiku
- informacijsku logistiku
- upravljanje logistikom
- logistiku održivog razvoja²

¹ <https://biz.htgetrid.com/hr/new-ponyatie-i-osnovnye-vidy-logistiki.html> (8.6.2023)

² Regodić, D.: *Logistika*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010.

2.3. POVIJESNI RAZVOJ LOGISTIKE

Logistika je prisutna kroz čitavu ljudsku povijest. Brojni povijesni zapisi svjedoče da su znanja iz logistike korištena za pripremu i organizaciju vojnih aktivnosti kada logistika kao znanost nije postojala. U vojnoj nauci logistika se nazivala pozadinsko osiguranje, a obuhvaća: tehničko, intendantsko, saobraćajno, sanitetsko, financijsko, veterinarsko, građevinsko osiguranje.“³

Kao što je vidljivo logistika je vrlo važna gospodarska grana. Istina je i to da se njezina važnost mijenjala kroz vrijeme. Guru menadžmenta Peter Drucker u jednom članku iz 60-tih godina napisao je da o logistici znamo malo više nego što je Napoleon znao o unutrašnjosti Afrike: znamo da postoji, znamo da je velika i to je otprilike to.

O logistici se ozbiljnije počelo razgovarati kada su tržišta postala zasićena i strašno diversificirana tako da je jedina konkurentska prednost koja je preostala bila logistika – odnosno tko će brže i točnije isporučiti robu kupcu.⁴

Razvojne faze logistike u Europi mogu se ovako prikazati:

- Klasična logistika (optimizacija ograničenih poslovnih funkcija) – 1970-ih godina
- Logistika kao poprečno-prosječna funkcija (optimizacija tijekom koji prelaze granice poslovnih funkcija u poduzeću) – 1980-ih godina
- (a) logistika integrira funkcije u procesnom lancu (izgradnja i optimiranje poslovnih lanaca) – 1990-ih godina
- (b) logistika integrira poduzeća u vrijednosnim lancima (izgradnja i optimiranje vrijednosnih lanaca) 1990-ih godina
- logistika integrira vrijednosne lance uz globalne mreže (izgradnja i optimiranje globalnih mreža) – 2000-ih godina.⁵

³ Regodić, D.: *Logistika*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010.

⁴ <https://jatrgovac.com/logistika-jucer-danas-sutra/> (8.6.2023.)

⁵ Vlajnić, M.: (2020). Trendovi i budućnost logistike u međunarodnom poslovanju : Diplomski rad (Diplomski rad). Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Ekonomski fakultet u Osijeku.

2.4. RAZVOJ LOGISTIKE U REPUBLICI HRVATSKOJ

Logistika, u teoriji i praksi, u Hrvatskoj se pojavila osjetno kasnije nego u svijetu, odnosno Europi. Sam početak bio je na nekim od hrvatskih fakulteta, Fakulteti koji pokrivaju područje logistike uspješno i promptno prate razvoj i primjenu logistike u razvijenim zemljama. Isto tako, kroz različite istraživačke projekte nastoje praktično uvesti i primijeniti logistiku u gospodarstvo, za realizaciju konkretnih procesa i poslova. S druge strane, stalni i veliki problemi u kojima se nalazi gospodarstvo Hrvatske uvjetovali su konstantno zanemarivanje logističkih principa. Takav odnos domaćih poduzeća i tvrtki prema logistici je pogrešan iz razloga što bi logistika sigurno poboljšala i pomogla rješavanje niza problema poslovanja tvrtki.

Sukladno tome, strateški razvoj logističkoga sustava Republike Hrvatske treba promatrati kao čimbenik kreiranja mogućnosti za stjecanje očitih pozitivnih prednosti vlastitih poslovnih pothvata u odnosu na poslovne pothvate iz konkurentskih gospodarsko-logističkih sustava te efikasnijega nuđenja vlastitih prirodnih i tržišnih resursa i potencijala regionalnim i globalnim poslovnim pothvatima s ciljem postizanja viših stopa rasta

Logistika u Hrvatskoj igra ključnu ulogu u povezivanju istoka i zapada Europe zahvaljujući svojoj strateškoj lokaciji na raskrižju glavnih europskih prometnih ruta. Zemlja se može pohvaliti dobro razvijenom infrastrukturom prijevoza, uključujući mrežu autocesta, luka i željeznica, što je čini ključnim središtem za učinkovito kretanje roba unutar Europe.

Njene ključne luke, poput Rijeke i Splita, služe kao vitalne kapije za pomorsku trgovinu, dok trajni investicijski projekti nastavljaju poboljšavati logističke kapacitete Hrvatske, pozicionirajući je kao važnog igrača u europskom lancu opskrbe.⁶

⁶ Jolić, N.: *Logistika i ITS*, Sveučilište u Zagrebu, 2006.

3. UZROCI POTREBE AUTONOMNIH VOZILA

Nekoliko usko povezanih uzroka potrebe autonomnih vozila u modernoj razmjeni robe koji su međusobno doveli do povećanja broja autonomnih vozila te njihove sve češće upotrebe.

3.1. GLOBALIZACIJA PROIZVODNJE

Svjetsko gospodarstvo postaje sve više uzrokovano rezultatima povećane svjetske trgovine i posljedicama jačanja trenda globalizacije proizvodnje. U proteklih pola stoljeća, mnoge države su doživjele porast izvoza kao dio ukupnog društvenog proizvoda (BDP-a), čime je započeo trend jačanja vertikalne specijalizacije u svjetskoj trgovini. Također, izvori nafte i finalni proizvodi postali su sve više globalno povezani, a proizvodne kompanije iz različitih, često udaljenih regija svijeta prisiljene su međusobno konkurirati na istom tržištu. Osnovne sile koje proizlaze iz međusobnih veza i uzajamne ovisnosti u svjetskom gospodarstvu i dalje djeluju. Stoga, nema razloga vjerovati da se ovi trendovi neće ponavljati i u budućnosti.⁷

3.1.1. Širenje logističkog dohvata

Kompanije konstantno proširuju svoj geografski doseg ili "logistički doseg" izvora sirovina za proizvodnju i, s druge strane, distribuciju gotovih proizvoda. Proširenje globalnog dohvata postalo je jedan od dominantnih trendova u međunarodnom poslovanju i logistici tijekom proteklih 30 godina. Pojava nove generacije visokovrijednih proizvoda, posebno u elektroničkoj industriji, te općenito smanjenje gustoće potrošenih proizvoda doprinose povećanju logističkog dohvata. Primjerice, Hewlett-Packard je predvidio da će različite komponente računala u uredu u New Yorku putovati ukupno 96.000 kilometara od njihovih točaka proizvodnje do odredišta poput Singapura, Japana, Francuske i zapadnih Sjedinjenih Američkih Država.

⁷ Hlača, B.: *Lučka logistika*, Pomorski fakultet u Rijeci, 2016.

3.2. PROMJENA TEHNOLOGIJE

Glavne promjene u tehnologiji su posebno zahvatile pomorski sektor i utječu na zahtjeve za lučkom infrastrukturom i uslugama. To je naročito vidljivo kroz rastući obujam kontejnerizacije u globalnoj trgovini, a taj trend se očekuje da će se nastaviti i u budućnosti. Kontejnerizacija u međunarodnoj trgovini prisutna je već oko 50 godina, dok je u prekoceanskoj trgovini prisutna već oko 40 godina. Štoviše, prekoceanski prijevoz sve više koristi visoko sofisticiranu informacijsku tehnologiju (IT) kako bi omogućio učinkovitu primjenu logistike. To je također primjenjivo i na luke – ako žele ostati konkurentne, moraju postati ključni čimbenici buduće IT-logističke mreže.

3.2.1. Kontejnerizacija svjetske trgovine

Više od 60% svjetske trgovine općim teretom odvija se putem mora uz korištenje kontejnera za prijevoz. U trgovini među visokoindustrijaliziranim državama, taj udio doseže čak 90%. Ovo predstavlja značajan prodor na tržište s obzirom na to da je ista tehnologija prvi put korištena tek sredinom pedesetih godina prošlog stoljeća, kada je prvi preuređeni brod prevezao 58 kontejnera na inicijalnom putovanju između New Yorka i Houstona. Od tada se kontinuirano povećava ukupan broj i prosječna veličina kontejnerskih brodova. Početkom 2005. godine, flota kontejnerskih brodova broji 3362, s kapacitetom od 8,3 milijuna TEU (Twenty-foot Equivalent Unit). Nakon daljnjih narudžbi brodova, flota se povećava na 4252 jedinice s kapacitetom od 10,7 milijuna TEU u 2008. godini. Povećanje broja brodova pratilo je i značajno povećanje njihove veličine. Udio brodova većih od 5000 TEU je porastao s 1% u 1996. godini na 30% u 2006. godini. Udio brodova serije postpanamax također je porastao u istom razdoblju, od 15,4% do 47,1%. U rujnu 2005. godine, ukupan broj naručenih brodova dosegnuo je 4,3 milijuna TEU. Maersk Line je vodeća kompanija s udjelom od 11% u ukupnom svjetskom broju TEU i 8% u ukupnom broju brodova.

3.2.2. Dizajn budućih kontejnerskih brodova

Nema tehničkih razloga koje sprječavaju kontejnerske brodove da budu veći, već su razlozi koji se uzimaju u razmatranje ekonomski i strateški. Postoji kontinuirano povećanje veličine brodova u narudžbi, ali vlasnik često „preko volje“ naručuje veći kontejnerski brod.

Najveći brodovi su najučinkovitiji na trgovinskoj ruti Europa-Daleki istok za koju je potrebno 7 do 9 brodova da bi mogli održati tjedno tranzitno vrijeme. Investicija u servis koji čine brodovi od 10 000 TEU tražit će dodatni kapacitet od 80 000 TEU na godišnjoj razini; to je i najveći dodatni kapacitet. Povećanje veličine brodova na ukupnom tržištu rute linijskog servisa, mora imati preduvjet postojanja takvog tržišta koje je u mogućnosti učinkovito zaposliti takve velike kapacitete brodskog prostora.

3.2.3. Vertikalna specijalizacija

Jačanje vertikalne specijalizacije svjetske trgovine ima značajan utjecaj na globalni logistički sustav novih proizvodnih kompanija. To dodatno povezuje lanac opskrbe i povećava intenzitet transporta u pratnji aktivnostima proizvodnih procesa. Kompanije se sve više usmjeravaju na iskorištavanje svojih osnovnih poslovnih kompetencija putem podugovaranja raznolikih proizvođača i montažnih aktivnosti prema ugovornim partnerima. Klasičan model proizvodnje koji je obuhvaćao cjelokupan proizvodni proces postupno se pomaknuo s glavnog postrojenja prema proizvođačima podugovarateljima i distribucijskim centrima.

Predmontaža i proizvodnja dijelova za on-line proizvodne lance sve više postaju dio outsourcinga prema specijaliziranim logističkim operaterima (pružateljima usluga). Prilagodba proizvoda radi jačanja konkurencije na tržištu predstavlja jedno od najbrže rastućih područja logističkog outsourcinga. Također, sve veća potreba za razmatranjem alternativnih izvora proizvodnje dovodi do toga da proizvođači s jednog područja svijeta sve više konkuriraju s proizvođačima s drugih područja na istom međunarodnom tržištu. Odluka o izvoru proizvodnje često se donosi uzimajući u obzir ukupne troškove isporuke i kvalitetu, koja može znatno ovisiti o logističkim troškovima nabave sirovina i poluproizvoda te isporuke finalnog proizvoda na tržište.⁸

⁸ Hlača, B.: *Lučka logistika*, Pomorski fakultet u Rijeci, 2016.

4. POVIJEST AUTONOMNIH VOZILA

Povijest autonomnih vozila je još relativno mlada te će u ovom poglavlju biti objašnjena njena povijest od najranijih početaka pa sve do danas. Autonomna vozila se neprestano razvijaju te je za očekivati njihov daljnji ubrzani razvoj.

4.1. POJAM AUTONOMNIH VOZILA

Svaka autonomna vozila, računalno upravljana vozila koja se na temelju raspoznavanja okoline mogu kretati samostalno, bez utjecaja ili uz ograničeni utjecaj vozača. Sadržavaju kombinaciju senzora poput ultrazvučnih, infracrvenih i kapacitivnih, radara, lidara, GPS-a, digitalnih videokamera i dr., računala i programske potpore koja uključuje i umjetnu inteligenciju. Napredni upravljački sustavi tumače senzorne informacije kako bi identificirali odgovarajuće navigacijske putove, kao i prepreke i relevantne znakove, te tako omogućili autonomno kretanje vozila sukladno zadanim regulacijama i propisima. Cestovna autonomna vozila razvijaju se kao osobna autonomna vozila, robotaksiji, a nekoliko projekata za razvoj potpuno samostalnoga gospodarskog vozila u različitim je fazama razvoja.⁹

4.2. RAZVOJ AUTONOMNIH VOZILA

Važno je primijetiti da su temelji autonomne vožnje postavljeni mnogo prije nego što smo vidjeli suvremene primjene ove tehnologije. Evo nekoliko ključnih točaka u razvoju autonomne vožnje:

Rani razvoj (1920-e): Rani koncepti autonomne vožnje datiraju iz 1920-ih godina, kada su se počeli razmatrati prvi sustavi za automatizaciju vožnje.

Prvi poluautonomni automobil (1977.): Prvi poluautonomni automobil proizveden je u Japanu 1977. godine, označavajući rane korake prema autonomnoj vožnji.

Projekti Navlab i ALV (1984.): Značajne prekretnice u razvoju autonomne vožnje bili su projekti Navlab i ALV (*Autonomus Land Vehicle*) pokrenuti 1984. godine u SAD-u u

⁹ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=71368> (13.6.2023)

suradnji s Carnegie Mellon sveučilištem. Ovi projekti igrali su ključnu ulogu u istraživanju i razvoju tehnologija za autonomnu vožnju.

Eureka PROMETHEUS (1987.): U Europi, projekt Eureka PROMETHEUS pokrenut 1987. godine, u suradnji sa Sveučilištem Bundeswehr u Münchenu i tvrtkom Mercedes-Benz iz Stuttgarta, bio je značajan korak prema razvoju autonomnih vozila.

Sve te inicijative su postavile temelje za razvoj suvremenih autonomnih vozila. Od tih početaka, tehnologija je napredovala značajno, a danas svjedočimo sve većem broju autonomnih vozila na cestama širom svijeta.¹⁰

Iako je uspon autonomnih automobila dobio na važnosti u posljednja dva desetljeća, istina je da njegovi počeci datiraju iz 1990-ih

Godine 1925., Francis Houdina, inženjer elektrotehnike iz New Yorka, prvi je implementirao koncept autonomnog vozila, iako je automobil daljinski upravljao.

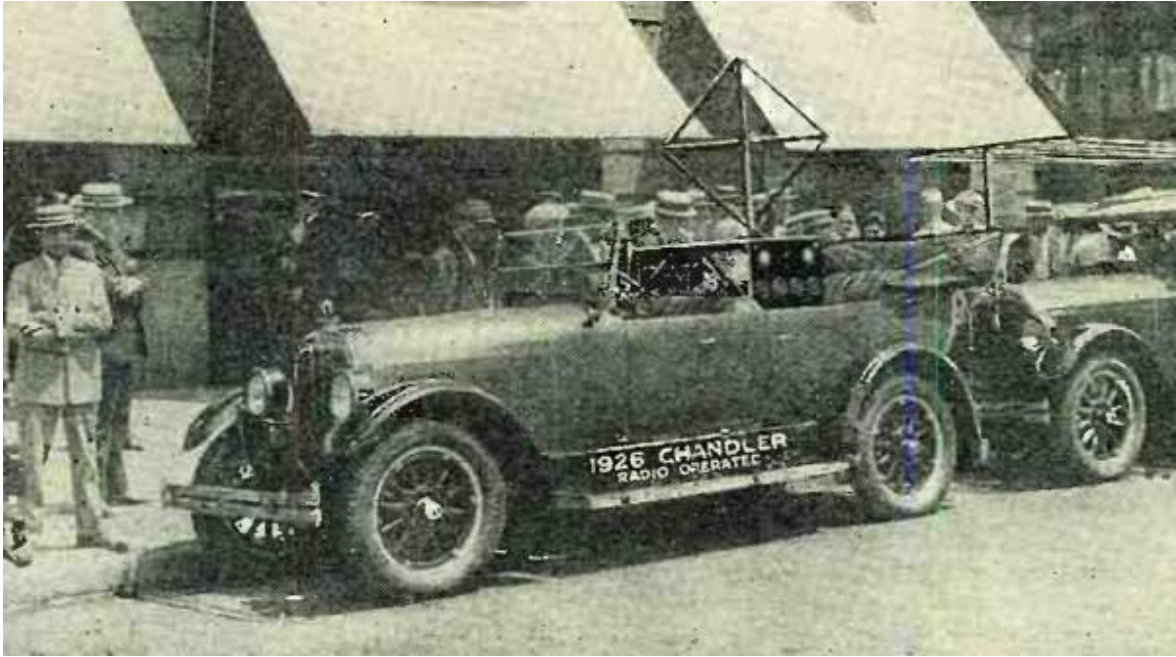
Prototip je bio izložen javnosti na Manhattanu, putujući oko 19 kilometara između Broadwaya i Pete avenije; Međutim, vozilo se sudarilo s drugim automobilom, prekidajući njegovu putanju. Unatoč tome, Houdinnino vozilo, nazvano Chandler, izgrađeno je između 1926. i 1930. godine.

Kasnije, 1980-ih, Nijemac Ernst Dickmanns, koji se smatra ocem autonomnog vozila kakvog danas poznajemo, pretvorio je Mercedes-Benzov kombi u autonomno vozilo vođeno integriranim računalom. Godine 1987. automobil je uspio putovati ulicama bez prometa brzinom od 63 kilometra na sat.

Godine 1994. učinio je nešto slično s vozilom koje je u prometu prešlo više od 1000 kilometara kroz Pariz. Mercedes-Benz je 1995. samostalno putovao između Münchena i Kopenhaga. Te je projekte financirala Europska komisija pod nazivom Projekt Eureka, koji je Dickmannsu dodijelio gotovo 800 milijuna eura za provođenje istraživanja o ovoj vrsti vozila.¹¹

¹⁰ <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=71368> (13.6.2023)

¹¹ <https://www.bbva.ch/en/news/the-history-of-autonomous-vehicles-how-they-have-evolved-since-the-first-prototypes/> (10.6.2023)



Slika 1. Prikaz autonomnog automobila „Chandler“ Francisa Houdinija

Izvor: https://www.bing.com/th?id=ODF.sBf0e_8EireVoe_Gce7Slw&pid=Api (5.6.2023)

5. KLASIFIKACIJA AUTONOMNIH VOZILA

Klasifikacija autonomnih vozila vrlo je bitna za upoznavanje samog rada autonomnih vozila. Sama klasifikacija se dijeli u više stupnjeva koji će biti objašnjeni u ovom poglavlju.

5.1. KLASIFIKACIJA POMORSKIH VOZILA

Međunarodna pomorska organizacija (IMO) prepoznaje širok spektar autonomije u pomorskom sektoru, ali radi potreba regulativnih promjena, definirala je pojam MAS, odnosno "Maritime Autonomous Surface Ship" (Autonomni površinski brod). Ovaj pojam označava brod koji može djelovati u različitim stupnjevima autonomije, neovisno o ljudskoj interakciji. Za potrebe trenutnih regulativa IMO je uspostavila četiri stupnja autonomije kako bi razjasnila stupanj autonomije svakog broda:

Prvi stupanj: Brod s automatiziranim procesima i podrškom odlučivanju - Na ovom stupnju, pomorci su prisutni na brodu i upravljaju brodskim sustavima i funkcijama. Iako su neke operacije možda automatizirane, pomorci su uvijek na brodu i spremni preuzeti kontrolu ako je potrebno.

Drugi stupanj: Brod na daljinsko upravljanje s pomorcima na brodu - Na ovom stupnju, brodom se upravlja s druge lokacije, ali pomorci su prisutni na brodu i mogu preuzeti kontrolu i upravljati brodskim sustavima i funkcijama po potrebi.

Treći stupanj: Brod na daljinsko upravljanje bez pomoraca - Na ovom stupnju, brodom se upravlja s druge lokacije, ali na brodu nema prisutnih pomoraca.

Četvrti stupanj: Potpuno autonomni brod - Na ovom stupnju, operativni sustav broda može samostalno donositi odluke i izvršavati radnje bez ljudske intervencije.

Ovi četiri stupnja autonomije pomažu u razumijevanju različitih razina autonomije u pomorskom sektoru i olakšavaju reguliranje autonomnih brodova sukladno njihovim sposobnostima i potrebama.¹²

5.2. KLASIFIKACIJA KOPNENIH VOZILA

Prvu 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, pod nazivom SAE J3016: JAN2014 standard. Taj standard 2016. godine dopunili su, i objavili ga pod nazivom SAE J3016:SEP2016 standard.

SAE klasifikacija temelji se na količini potrebne intervencije i pozornosti vozača, pa tako SAE J3016:SEP2016 standard 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.

Razine automatizacije razlikuju se prema tome je li za uočavanje okoline, upravljanje kontrolama i globalni nadzor svih vozačkih zadataka odgovoran vozač ili vozilo. Ovisno o scenarijima u kojima je potrebna posebna raspodjela razine odgovornosti, definirane su sljedeće razine autonomnosti vozila:

Nulta razina (*no automation*) – manualna vožnja u kojoj automatizirani sustav izdaje upozorenja i može trenutačno djelovati, ako je to potrebno

Prva razina (*hands on*) – sustav pomoći omogućuje vozilu upravljanje ili ubrzavanje i kočenje, ali uz nadzor vozača. Primjer takvih sustava su tempomat i sustav za održavanje u traci

¹² <https://www.gard.no/web/updates/content/27188643/maritime-autonomous-surface-ships-identifying-and-covering-the-risks> (11.6.2023)

Druga razina (*hands off*) – vozilo obavlja prva dva zadatka vožnje iz prethodnih razina, a vozač je i dalje odgovoran za nadgledanje vožnje, i mora biti spreman intervenirati u bilo kojem trenutku, ako automatizirani sustav ne reagira pravilno

Treća razina (*eyes off*) – vozač može sigurno skrenuti pozornost sa zadataka vožnje jer vozilo upravlja svojom putanjom, ali samo kod dobro referencirane putanje, i zbog toga vozač i dalje mora biti spreman za intervenciju

Četvrta razina (*mind off*) – nikada ne zahtijeva pozornost vozača, a autonomna vožnja podržana je samo u ograničenim područjima, ili u posebnim okolnostima, a izvan tih područja vozilo mora samo prekinuti autonomnu vožnju. Zadaće vozila uključuju operativne (upravljanje, usporavanje, kočenje, ubrzanje i nadzor) i taktičke aspekte (promjena kolničke trake, skretanje, poštivanje prometnih znakova i reakcija na incidentne situacija).

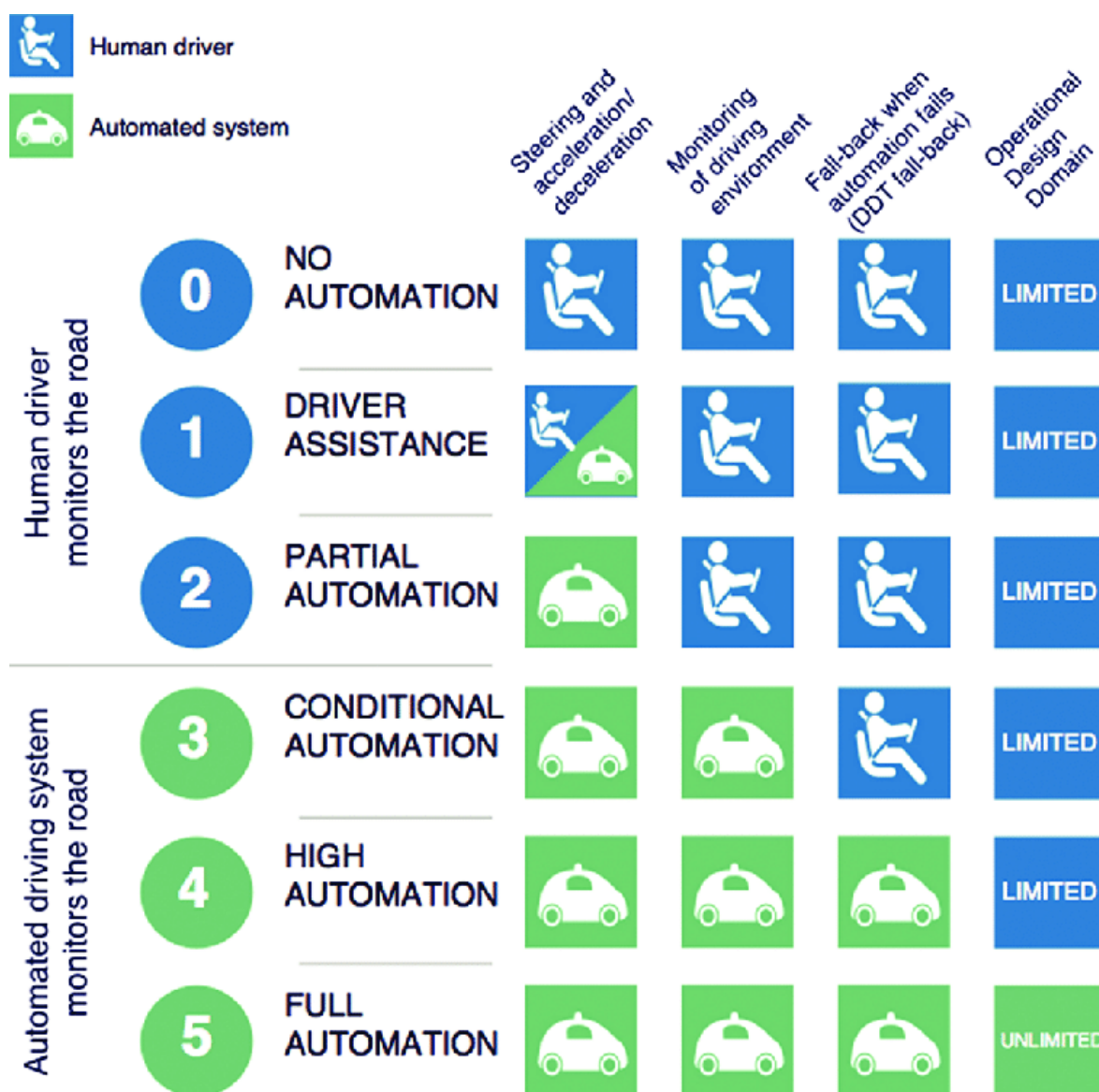
Peta razina (*steering wheel optional*) – ne zahtijeva prisutnost vozača. Zadaće vozila uključuju operativne (upravljanje, usporavanje, kočenje, ubrzanje i nadzor) i taktičke aspekte (promjena kolničke trake, skretanje, poštivanje prometnih znakova, reakcija na incidentne situacija itd.). Kod pete razine, koja se još naziva i razinom potpune automatizacije, vozač mora samo odrediti odredište i točke zaustavljanja na putu, bez obzira na složenost scenarija.¹³

U službenom listu Europske unije od 27. studenoga 2019., objavljena je Uredba (eu) 2019/2144 Parlamenta i Vijeća EU o zahtjevima za homologaciju tipa za motorna vozila i njihove prikolice te za sustave, dijelove i zasebne tehničke jedinice namijenjene za takva vozila, u pogledu njihove opće sigurnosti te zaštite osoba u vozilima i nezaštićenih sudionika u cestovnom prometu. U navedenoj uredbi navode se 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”.

Unatoč definicijama iz Službenog lista Europske unije, uvriježen je termin autonomno vozilo. Autonomno znači samostalno ili neovisno. Autonomna kontrola podrazumijeva

¹³ <https://www.bug.hr/transport/autonomna-cestovna-vozila-robote-vozi-polako-20775> (13.6.2023)

zadovoljavajuće performanse vozila u izrazito nesigurnim i iznenadnim uvjetima koji se mogu pojaviti u okruženju vozila, i nadoknađivati kvarove sustava bez vanjske intervencije. Većina koncepata vozila (kojih smo trenutačno svjesni) ima osobu na mjestu vozača, koristi komunikacijsku vezu s oblakom ili drugim vozilima, i nesamostalno odabire odredišta ili rute za njihovo doseganje. Stoga bi pojam “automatiziran” preciznije opisao te koncepte vozila. U engleskom jeziku termini za autonomno vozilo su *self-driving car* ili *autonomous vehicle* (AV, ili samo auto).¹⁴



Slika 2. Shematski prikaz automatizacije vozila

¹⁴ <https://www.bug.hr/transport/autonomna-cestovna-vozila-robote-vozi-polako-20775> (13.6.2023)

Izvor: https://www.bug.hr/img/autonomna-cestovna-vozila-robote-vozi-polako_X0eKZ2.png (13.6.2023)

6. PRINCIP RADA AUTONOMNIH VOZILA

Princip rada autonomnih vozila koji se sastoji od niza sustava spojenih u jednu cjelinu s ciljem uspješnog funkcioniranja samog vozila te njihove uspješne primjene tema su ovog poglavlja.

6.1. FUNKCIONIRANJE AUTONOMNIH VOZILA

Autonomni automobili oslanjaju se na senzore, aktuatore, složene algoritme, sustave strojnog učenja i moćne procesore za izvršavanje softvera.

Autonomni automobili stvaraju i održavaju kartu svoje okoline na temelju različitih senzora smještenih u različitim dijelovima vozila. Radarski senzori nadziru položaj obližnjih vozila. Videokamere detektiraju semafore, čitaju prometne znakove, prate druga vozila i traže pješake.¹⁵

6.2. SENZORI AUTONOMNIH VOZILA

6.2.1. LiDAR

LiDAR, što je kratica za Otkrivanje svjetlosti i Raspon, metoda je daljinskog istraživanja koja koristi svjetlost u obliku pulsirajućeg lasera za mjerenje raspona (promjenjivih udaljenosti) do Zemlje. Ti svjetlosni impulsi - u kombinaciji s drugim podacima koje je zabilježio zračni sustav - generiraju precizne, trodimenzionalne informacije o obliku Zemlje i njezinim površinskim karakteristikama.¹⁶

LiDAR koristi laserske zrake (svjetlosne valove) za određivanje udaljenosti između dva objekta. U autonomnim vozilima LiDAR je montiran na vozila i rotira se velikom brzinom dok emitira laserske zrake. Laserske zrake reflektiraju se od prepreka i putuju natrag do uređaja. Vrijeme potrebno da se to dogodi koristi se za određivanje udaljenosti, oblika i dubine prepreka koje okružuju autonomno vozilo.

¹⁵ <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-autonomous-car.html> (15.6.2023)

¹⁶ <https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html> (15.6.2029)

Iako LiDAR može uhvatiti položaj, oblik, veličinu i dubinu prepreke, mogu se zaglibiti lažnim odjecima koji prikazuju udaljene objekte u blizini objekata i obrnuto. LiDAR ne razlikuje više kopija laserskih signala i pokazuje nepostojeće prepreke autonomnim vozilima. LiDAR ne funkcionira dobro na kiši, snijegu ili magli.¹⁷

6.2.1.1. Elektromehanički LiDAR

Elektromehanički LiDAR-ovi tradicionalni su LiDAR sustavi, koji se mogu smatrati LiDAR sensorima prve generacije za automobilsku primjenu. Ovi mehanički senzori LiDAR sustava za predenje sastavljeni su od više pokretnih dijelova, koji su raspoređeni tako da proizvode i emitiraju niz laserskih zraka prema ciljanom području. Elektromehanički LiDAR-ovi su prilično glomazni, vrlo skupi i skloni trošenju na teškom terenu. Ugrađuju se na vrh vozila i kontinuirano se okreću kako bi skenirali okolinu vozila i obično pokrivaju veliki domet.

6.2.1.2 LiDAR u čvrstom stanju

Za razliku od tradicionalnih elektromehaničkih LiDAR-a, LiDAR-ovi u čvrstom stanju u potpunosti su izgrađeni na jednom čipu. Sve komponente LiDAR sustava poput emitera, prijemnika i procesora integrirane su na jedan čip LiDAR-a u čvrstom stanju. Budući da su na mikročipovima, LiDAR-ovi u čvrstom stanju kompaktne su veličine. Također, oni nisu vidljivi nakon ugradnje, lagani u težini i isplativi. Budući da u tim LiDAR sustavima nema pokretnih dijelova, oni su fiksirani straga, sprijeda i s bočnih strana.

LiDAR u čvrstom stanju ima optičke emitere koji šalju prasak laserskih fotona bez podešavanja smjera odašiljača. Svjetlo, emitirano u određenim uzorcima, sudara se s predmetima na putu i odbija se natrag do prijemnika sustava. Procesor u LiDAR sustavu stalno dohvaća te podatke i izrađuje 3D kartu okoline vozila u stvarnom vremenu.¹⁸

¹⁷ <https://resources.system-analysis.cadence.com/blog/msa2022-the-use-of-radar-technology-in-autonomous-vehicles> (16.6.2023)

¹⁸ <https://www.einfochips.com/blog/how-lidar-based-adas-work-for-autonomous-vehicles/> (16.6.2023)

6.2.2. RADAR sistem

RADAR je elektromagnetski sustav detekcije koji radi zračeći elektromagnetske valove, a zatim proučavajući jeku ili reflektirane povratne valove.

Puni oblik RADAR-a je Radio detekcija i raspon. Otkrivanje se odnosi na to je li cilj prisutan ili ne. Cilj može biti nepokretan ili pokretan, tj. Raspon se odnosi na udaljenost između radara i mete.¹⁹

Na temelju principa mjerenja i karakteristika milimetarskih valova, podaci o percepciji radara imaju sljedeće prednosti u usporedbi s drugim uobičajenim perceptivnim senzorima kao što su vizualni senzori i LiDAR: prvo, MMW radar ima sposobnost prodiranja u maglu, dim i prašinu. Ima dobru ekološku prilagodljivost različitim uvjetima osvjetljenja i vremenskim prilikama. Drugo, radar velikog dometa (LRR) može otkriti ciljeve u rasponu od 250 m. To je od velikog značaja za sigurnu vožnju automobila. Treće, MMW radar može mjeriti relativnu brzinu ciljeva (rezolucija do 0,1 m/s) prema Dopplerovom efektu, što je vrlo važno za predviđanje pokreta i odluku o vožnji. Zbog tih karakteristika MMW radara i njegove niske cijene, to je nezamjenjiv senzor na inteligentnim vozilima i već je primijenjen na proizvodnju automobila, posebno za napredne sustave pomoći u vožnji (ADAS).

Zbog niske rezolucije i nedostatka semantičkih značajki, radarske tehnologije za otkrivanje objekata i ažuriranje karata još uvijek nisu dovoljne u usporedbi s drugim senzorima percepcije u visokoautonomnoj vožnji. Međutim, radarski istraživački radovi povećavaju se zbog nezamjenjive prednosti radarskog senzora. Poboljšanje kvalitete i mogućnosti snimanja MMW radarskih podataka, kao i istraživanje potencijala korištenja radarskih senzora ima značajan smisao ako želimo u potpunosti razumjeti vozačko okruženje.²⁰

¹⁹ https://www.tutorialspoint.com/radar_systems/radar_systems_overview.htm (18.6.2023)

²⁰ Zhou T, Yang M, Jiang K, Wong H, Yang D. MMW Radar-Based Technologies in Autonomous Driving: A Review. *Sensors* (Basel). 2020 Dec 18;20(24):7283. doi: 10.3390/s20247283. PMID: 33353016; PMCID: PMC7766872.

6.3. V2V KOMUNIKACIJA

Komunikacija između vozila i vozila (V2V) omogućuje vozilima bežičnu razmjenu informacija o brzini, lokaciji i smjeru. Tehnologija koja stoji iza V2V komunikacije omogućuje vozilima emitiranje i primanje svesmjernih poruka (do 10 puta u sekundi), stvarajući "svijest" od 360 stupnjeva o drugim vozilima u blizini. Vozila opremljena odgovarajućim softverom (ili sigurnosnim aplikacijama) mogu koristiti poruke iz okolnih vozila kako bi utvrdila potencijalne prijetnje od sudara kako se razvijaju. Tehnologija tada može koristiti vizualna, taktilna i zvučna upozorenja ili kombinaciju tih upozorenja kako bi upozorila upravljačke programe.

Ove V2V komunikacijske poruke imaju doomet veći od 300 metara i mogu otkriti opasnosti zaklonjene prometom, terenom ili vremenom. V2V komunikacija proširuje i poboljšava trenutno dostupne sustave za izbjegavanje sudara koji koriste radare i kamere za otkrivanje prijetnji od sudara. Ova nova tehnologija ne pomaže samo vozačima da prežive sudar, već im pomaže da u potpunosti izbjegnu pad.

Vozila koja bi mogla koristiti V2V komunikacijsku tehnologiju kreću se od automobila i kamiona do autobusa i motocikala. Čak i bicikli i pješaci mogu jednog dana iskoristiti V2V komunikacijsku tehnologiju kako bi poboljšali svoju vidljivost vozačima. Osim toga, priopćene informacije o vozilu ne identificiraju vozača ili vozilo, a dostupne su i tehničke kontrole za odvratanje od praćenja vozila i neovlaštenog mijenjanja sustava.²¹

6.4. KAMERE U AUTONOMNIM VOZILIMA

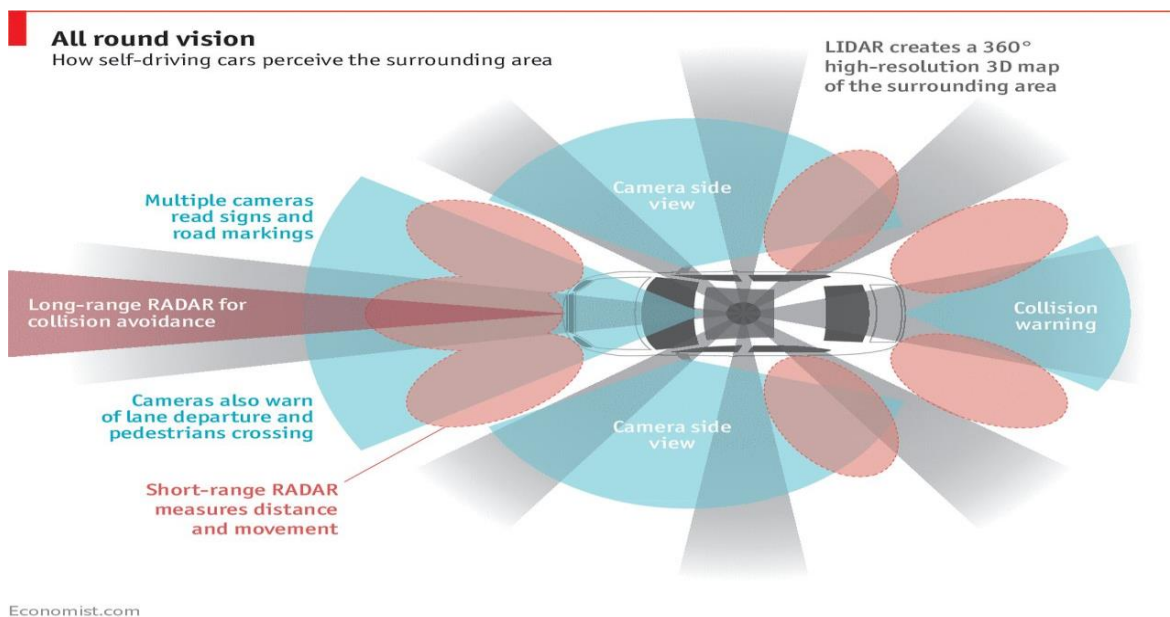
Autonomna vozila oslanjaju se na kamere postavljene sa svake strane - sprijeda, straga, lijevo i desno - kako bi spojile pogled od 360 stupnjeva na svoju okolinu. Neki imaju široko vidno polje - čak 120 stupnjeva - i kraći raspon. Drugi se usredotočuju na užu pogled kako bi pružili dalekometne vizuale.

²¹ <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/vehicle-vehicle-communication> (21.6.2023)

Neki automobili čak integriraju kamere s ribljim očima, koje sadrže super široke leće koje pružaju panoramski pogled, kako bi dali potpunu sliku onoga što se nalazi iza vozila kako bi se parkiralo.²²

Kamere su jedna od najprihvaćenijih tehnologija za opažanje okoline.

Kamera radi na principu otkrivanja svjetala emitiranih iz okoline na fotoosjetljiva površina (ravnina slike) kroz objektiv kamere (montiran ispred senzora) proizvesti jasne slike okoline [20,30]. Kamere su relativno jeftine i s odgovarajućim softverom, može otkriti i pokretne i statičke prepreke unutar svojih vidno polje i pruža slike visoke rezolucije okruženja. Te mogućnosti omogućiti percepcijskom sustavu vozila da identificira prometne znakove, semafore, cestovnu traku oznake i prepreke u slučaju vozila u cestovnom prometu i niz drugih članaka u slučaj terenskih vozila.²³



Slika 3. Prikaz percepcije okoline autonomnih vozila

Izvor: <https://www.onelectrontech.com/wp-content/uploads/2019/12/Self-driving-cars-need-plenty-of-eyes-on-the-road-and-cameras-radar-and-even-humans-help-to-keep-autonomous-vehicles-safe.jpg> (24.6.2023)

²² <https://blogs.nvidia.com/blog/2019/04/15/how-does-a-self-driving-car-see/> (22.6.2023)

²³ Yeong J, Velasco-Hernandez G, Barry J, Walsh J. Sensor and Sensor Fusion Technology in Autonomous Vehicles: A Review. Sensors (Basel). 2021 Mar 18;21(6):2140. doi: 10.3390/s21062140. PMID: 33803889; PMCID: PMC8003231.

7. PREDNOSTI I NEDOSTATCI AUTONOMNIH VOZILA

Autonomna vozila kao i svaka vozila imaju svoje prednosti i nedostatke. Cilj ovog poglavlja je prikazati obje strane te uputiti na jasan uvid predočenog znanja o istim.

7.1. PREDNOSTI AUTONOMNIH VOZILA

Povećana sigurnost zbog toga što automobili bez vozača dizajnirani su da budu mnogo sigurniji od običnih automobila. Koriste naprednu umjetnu inteligenciju (AI) i senzore kako bi otkrili potencijalne opasnosti na cesti i brzo reagirali kako bi ih izbjegli. To bi potencijalno moglo smanjiti broj prometnih nesreća na cesti i spasiti živote.

Smanjeno zagušenje jer automobili bez vozača mnogo su učinkovitiji od ljudskih vozača, što znači da mogu putovati brže i sigurnije u maloj količini prostora. To bi moglo smanjiti zagušenje prometa, pružajući glatko i učinkovitije iskustvo za sve vozače.

Veća pristupačnost jer bi automobili bez vozača mogli pružiti veću dostupnost onima koji ne mogu voziti, kao što su starije osobe ili osobe s invaliditetom. To bi im moglo dati više slobode i neovisnosti, dopuštajući im da putuju gdje žele kad žele.

Ušteda troškova očitava se u tome što automobili bez vozača bi potencijalno mogli uštedjeti novac i za potrošače i za tvrtke. Autonomna vozila su učinkovitija, što znači da troše manje goriva i zahtijevaju manje održavanja. Time bi se mogli smanjiti ukupni troškovi za potrošače, kao i za poduzeća koja ih upotrebljavaju za svoje poslovanje.²⁴

To bi omogućilo vozačima da nastave putovati unatoč ometanju ili umoru, čak i ako naši automobili bez vozača postanu više hibridni sustav od nečega što je 100% automatizirano, i dalje bismo mogli koristiti ovu tehnologiju kako bismo podržali smanjenje incidenata s ometanom ili umornom vožnjom. Vozači koji su pod utjecajem alkohola i dalje bi mogli koristiti svoja vozila kako bi se vratili kući jer bi to bilo računalo koje vozi umjesto čovjeka sa smanjenim percepcijskim prozorom i vremenom reakcije. Ako ste se umorili

²⁴ [The Pros and Cons of Driverless Cars | Just News](#) (30.6.2023)

tijekom putovanja, mogli biste staviti vozilo u automatizirani način rada i brzo odspavati bez zaustavljanja.²⁵

7.2. NEDOSTATCI AUTONOMNIH VOZILA

Loše upravljanje nepredviđenim prijetnjama jedan od značajnih nedostataka samovozećih automobila zbog tog što se mogu suočiti sa softverskim napadima, što dovodi do zlonamjerne krađe podataka. Drugi problem s kojim se ljudi obično suočavaju u automobilu s ručnim upravljanjem je bolest putovanja.

Gubitak mogućnosti zapošljavanja zbog toga što je vožnja također jedna od značajnih profesija koja zarađuju ogroman prihod. Uz tehnologiju automobila bez vozača, skloni ste izgubiti ove mogućnosti iz ruke. Prema najnovijim izvješćima, SAD vozačima nudi 68000+ slobodnih radnih mjesta. Budući da automobili budućnosti bez vozača dolaze u širu sliku, milijuni gube posao i padaju duboko u siromaštvo.

Prijetnja privatnosti očituje se u činjenici da svjesno ili nesvjesno, automatski automobili budućnosti prisiljavaju putnike da podijele svoje bitne informacije. Ova povreda podataka je vrlo ranjiva. Bez obzira na to koliko jamstvenih društava daju, podaci koji se jednom dijele gube se podaci. Postoje šanse za zlouporabu osjetljivih informacija poput skeniranja očiju i biometrijskih izvješća, što su načini bitnog curenja podataka.

Nemogućnost analize ljudskog ponašanja uzrokovana tehnologijom automobila bez vozača nepredvidiva je i ubrzava i usporava u najnepredvidljivijim trenucima. I ne postoji takav mehanizam u ovoj tehnologiji koji mu omogućuje otkrivanje ljudskog ponašanja. Drugim riječima, ne postoji takav način otkrivanja pijanica, maglovitih šetača i ručnih signala.

Nepažljivo ljudsko ponašanje odnosno ljudsko ponašanje je nesumnjivo najkompliciranija tema koju je ikada razumio. Također je u ljudskoj prirodi ishitrena vožnja i često kršenje prometnih pravila, a ljudi također imaju tendenciju kršenja prometnih pravila, bilo da se radi o pješacima ili vozačima. Dakle, čak i mali neblagovremeni pokret može

²⁵ [20 Pros and Cons of Driverless Cars – Vittana.org](https://www.vittana.org/20-pros-and-cons-of-driverless-cars/) (30.6.2023)

uzrokovati ogroman gubitak života. Posljedica razbijanja prometne signalizacije također je uglavnom ista.

Nemogućnost razumijevanja uvjeta na cestama javlja se kada ručno vozite automobil, podešavate vožnju dok vidite slomljene ceste, rupe i barikade. Na isti način, tehnologija ne daje automobilima bez vozača budućnosti ažuriranje koje se prilagođava uvjetima na cesti. Ipak, oni ne razumiju ljudske geste i simbole, što je značajan nedostatak.²⁶

²⁶ [Driverless Cars Pros and Cons \(way.com\)](#) (30.6.2023)

8. PRIMJERI PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTICI

Autonomna vozila i njihova realna primjena u logistici tema su ovog poglavlja. Niz vozila upotrebljava se u logistici kao i u samim lukama.

8.1. AUTOMATSKI VOĐENA VOZILA

Automatski vođena vozila predstavljaju tehnička sredstva bez vozača koja su opremljena ugrađenim mikroprocesorom za dekodiranje instrukcija i prenošenje istih u navigacijski sustav. Ključna komponenta ovih vozila je sučelje koje omogućuje komunikaciju s drugim računalima u lučkom sustavu i s centralnim operativnim sustavom luke. Putem bežičnog prijenosa podaci se razmjenjuju između računala u vozilu i kontrolnog centra, omogućujući vozilu da se efikasno i fleksibilno kreće po cijeloj luci uz minimalnu potrebu za ljudskim upravljanjem. Ovaj sustav omogućuje visoki protok tereta uz smanjenje operativnih troškova te kontinuirani rad. Navigacijski sustavi koji se koriste u postojećim automatskim vođenim vozilima uključuju različite tehnike poput vođenja po putanjama zakopanim ispod površine, korištenje fotofluorescentnih i reflektirajućih materijala na stazi, ugrađenih žiroskopa, globalnih pozicionirajućih sustava i tehnologija automatske identifikacije za precizno praćenje kretanja vozila. Ovi sustavi zajedno čine automatske vođene vozne procese u luci učinkovitim i preciznim, čime se doprinosi poboljšanju lučke logistike i operativne učinkovitosti.

Današnji AGV imaju kapacitet 40 tona, a planirani kapacitet u budućnosti je 60 tona. Pri izračunavanju kapaciteta rada AGV-a treba imati na umu da jedna manipulacija AGV-om podrazumijeva jedan kontejner (20-stopni ili 40-stopni). AGV sustavi koriste se najčešće na kontejnerskim terminalima za ukrcaj kontejnera na način da preuzima kontejner s obale, uvozi u brod, spušta i vraća se po drugi. Takav princip ukrcaja je sličan tradicionalnom RO-RO ukrcaju. AGV sustav može imati razvijeno sučelje prema drugim automatiziranim sustavima u luci (npr. automatizirano skladište).

Važan dio sustava prekrcajne mehanizacije kao podsustava inteligentnog transportnog sustava u luci je modul kontrole kretanja mehanizacije na lučkom prostoru. Koncept distribuirane kontrole temeljen na principu hijerarhijske konstrukcije pruža način rješavanja složenog problema. Modeliranje distribuirane kontrole razlikuje četiri vrste entiteta: čvorovi, trake, semafori i područje. Područje čini konfiguracija čvorova, traka, mogućih potpodručja.

Trake predstavljaju segmente ceste i njene krajnje točke su čvorovi. Čvor može imati funkciju zadržavanja ili propuštanja. Čvorovi zadržavanja aktiviraju funkciju čekanja svaki put kada čvorovi propuštanja aktiviraju funkciju signaliziranja propuštanja. Svaki semafor je povezan s jednim ili više čvorova u području, odnosno čvor može biti povezan sa semaforom, više njih ili ni s jednim. Područje može uključivati jedno ili više potpodručja.

8.2. AUTOMATSKE SKLADIŠNE DIZALICE I ROBOTSKO UPRAVLJANJE

Automatske skladišne dizalice koriste se u prvom redu na kontejnerskim terminalima za razmještanje i slaganje kontejnera u skladištima i odlagalištima točno određenih putanja kretanja. ACS se kreće na tračnicama i kretanje se kontrolira iz središnje kontrolne jedinice. Radi kombinirano s AGV na način da uzima kontejner pomoću spreadera s AGV i na AGV. Većina aktivnosti na terminalu za kontejnerizirani teret započinje ili završava na skladišnoj/odlagališnoj zoni, stoga proces skladištenja mora biti efikasan i usklađen s ostalim aktivnostima. Ograničen prostor, veliki troškovi radne snage i prekrajne mehanizacije te velika osjetljivost sustava na točnost dolaska predstavljaju motive implementacije automatiziranih i robotiziranih sustava.

Osnovna obilježja koja potpuno automatizirani i robotizirani sustav mora imati jesu:

- potpuna pokretljivost, nadgledanje u stvarnom vremenu koje omogućuje brže rukovanje
- jedna mreža za video, glas i podatke
- daljinsko upravljanje iz središnje kontrolne jedinice
- točno određivanje položaja prema tragovima i IT podršci
- integracije potpuno automatiziranih podsustava
- smanjenje troškova, pouzdanost mreže.

Ako se promatraju kapitalni troškovi potpuno automatiziranog terminala, oni su 10-15% viši. Uštede u troškovima su u održavanju, troškovima energije i školovanja

Automatizirane skladišne dizalice, često nazivane AS/RS (Automatizirani sustavi skladištenja i izdavanja), napredne su strojeve za manipulaciju materijalom dizajnirane za optimizaciju operacija u skladištima i centrima za distribuciju. Ovi visokotehnoški uređaji

igraju ključnu ulogu u suvremenim logističkim i proizvodnim procesima, revolucionirajući način na koji se inventar pohranjuje, izdaje i upravlja njime.

AS/RS sustavi koriste robotske dizalice, transportere i računalne upravljačke sustave kako bi učinkovito pohranjivali i izdavali robu s polica ili stalaka za skladištenje. Pružaju nekoliko ključnih prednosti:

Učinkovitost prostora odnosno AS/RS sustavi maksimalno iskorištavaju dostupan vertikalni prostor u skladištima, omogućavajući veću gustoću skladištenja. To je posebno vrijedno u urbanim područjima s ograničenim nekretninama.

Točnost odnosno automatizacija smanjuje mogućnost pogrešaka u upravljanju inventarom, osiguravajući da se prave stavke izdaju i pohranjuju, čime se smanjuju situacije s manjkom i viškom zaliha.

Brzina i produktivnost koju AS/RS sustavi imaju iznimno su brzi i dosljedni u svojim operacijama, poboljšavajući brzinu ispunjenja narudžbi i ukupnu produktivnost skladišta.

Sigurnost koja dolazi s automatiziranom manipulacijom, smanjuje se potreba za ljudskim intervencijama u potencijalno opasnim okolinama, poboljšavajući sigurnost na radu. ²⁷

²⁷ Jolić, N.: *Logistika i ITS*, Sveučilište u Zagrebu, 2006.

8.3 VRSTE NAVOĐENJA U AGV-ovima

Više vrsta navođenja nalazi se u automatski navođenim vozilima koji su se postepeno razvijali kroz godine od onih najprimitivnijih do onih kasnije moderniziranih.

8.3.1 Laserski navođena vozila

LGV je podtip automatiziranih vođenih vozila (AGV). LGV-ovi su opremljeni laserskim skenerom za pozicioniranje i navigaciju. Iako je lasersko navođenje prvi put uvedeno krajem 1980-ih, LGV-ovi su danas strojevi na čelu novih istraživanja i razvoja unutar industrijske automatizacije. Nove i sve naprednije tehnologije i uređaji i dalje se integriraju u LGV-ove, što ih čini fleksibilnijima, robusnijima i autonomnijima.

Dvodimenzionalni laserski skener montiran je na svaki LGV, obično centriran duž osi širine vozila i prema prednjoj upravljačkoj ploči. Skener emitira modulirano lasersko svjetlo, rotirajući i pokrivajući kut od 360 ° deset ili više puta u sekundi do nekoliko stotina stopa udaljenosti. Reflektirajući orijentiri s poznatim X, Y koordinatama postavljeni su na različitim lokacijama u cijelom objektu i unutar LGV-ove linije vida. Svaki od ovih orijentira, koji može biti ravan ili okrugli, šalje odraz natrag skeneru koji se zatim pretvara u koordinatnu referencu. Po definiciji, u bilo kojem trenutku potrebna su najmanje tri identificirana odraza kako bi skener odredio njegovo mjesto u sustavu.

Nedavna poboljšanja tehnologije LiDAR senzora bitnih za autonomne automobile također se sve više usvajaju u LGV sustavima. Najnoviji modeli 2D skenera nekih od poznatih marki sada su sposobni otkriti perimetre i prirodne konture, uz reflektorske orijentire.

Osim povećane točnosti navigacije, to je otvorilo mogućnosti LGV-ovima koji rade u okruženjima u kojima je instalacija reflektora preskupa, ili uopće nije moguća. Na primjer, automatizirano punjenje prikolice, gdje bi bilo skupo i dugotrajno instalirati reflektore unutar svakog kamiona koji ulazi u tvornicu.

LGV-ovi postoje u različitim veličinama i s različitim priključcima kao što su vilice, stezaljke ili transporteri. Vozila su obično izrađena po mjeri ovisno o vrsti proizvoda kojim se rukuje.

Nije neuobičajeno vidjeti različite vrste LGV-a koji rade zajedno unutar istog objekta. Središnji kontroler i aplikacije više razine konfigurirani su tako da znaju te razlike i na temelju toga svakom vozilu dodjeljuju ispravne zadatke.

Postupno sve više industrija razmatra i ocjenjuje opravdanost i izvedivost integracije LGV-a u svoje poslovanje. To je trend koji će se vjerojatno nastaviti kako se LGV-ovi budu dalje razvijali i postajali robusniji i autonomniji.²⁸

8.3.2. Magnetski navođena vozila

AGV magnetska traka koristi se za upravljanje i upravljanje automatiziranim sustavima vozila (AGV). Ovi transportni sustavi mogu se naći u automobilske industriji i u različitim velikim tvrtkama gdje se unutarnji logistički problemi moraju riješiti precizno i, prije svega, brzo. AGV magnetske trake pričvršćene su na pod kao samoljepljive trake. Da bi se povećala ljepljivost, može biti korisna dodatna fiksacija smole. Samohodna transportna vozila slijede magnetsku traku postavljenu na tlo, tako da po potrebi mogu napraviti i uske zavoje i doći do precizno programiranog odredišta.

AGV magnetske trake i AGV partnerska vozila čine uspješnu jedinicu koja nudi mnoge prednosti. AGV magnetske trake jamče siguran i precizan rad. Tijek procesa logistički je dizajniran s definiranim putem. Rizik od nesreća može se značajno smanjiti AGV magnetskim trakama u usporedbi s viličarima.

Transportni sustavi bez vozača vrlo su fleksibilni i omogućuju mnoge mogućnosti dizajna. S njima možete prevoziti robu i robu bilo koje veličine, a također i različite težine na bilo koje željeno mjesto. Stoga izbor industrijskih kamiona nije ograničen na određenu vrstu ili veličinu, već se može prilagoditi zahtjevima robe koja se prevozi.

²⁸ [How Do Laser Guided Vehicles Work? - Technical Articles \(control.com\)](https://www.control.com/technical-articles/how-do-laser-guided-vehicles-work/)

Ako se sustav skladištenja i transporta mora promijeniti ili prilagoditi novim uvjetima, to je moguće s AGV magnetskim trakama i odgovarajućim transportnim sustavima bez vozača, u bilo koje vrijeme i bez puno napora. Sve promjene mogu se čak napraviti i optimizirati tijekom trenutne operacije. Sve promjene mogu se čak napraviti i optimizirati tijekom trenutne operacije. S AGV magnetskim trakama i povezanim transportnim vozilima bez vozača moguće su ekonomične brzine uz visoku stabilnost skretanja. Poduzeća koja upravljaju automatiziranim vođenim vozilima često moraju prilagoditi svoj unutarnji kapacitet prijevoza cikličkim fluktuacijama. AGV magnetske trake i s njima transportni sustavi bez vozača omogućuju potrebne promjene kapaciteta u bilo kojem trenutku.

Anizotropna magnetizacija sa svojom jednostranom orijentacijom elementarnih magneta daje magnetskoj vrpici veću silu privlačenja. Ova posebna karakteristika kvalificira anizotropne CM2 magnetske trake na poseban način kao stezne elemente.²⁹

8.3.3 Prirodna navigacija AGV – slobodna navigacija

Postoji nekoliko tehnologija uključenih u takozvanu "prirodnu navigaciju". Najvažnija je SLAM navigacija ili istovremena lokalizacija i mapiranje (SLAM). To jednostavno znači da AGV sa SLAM navigacijom može mapirati svoje okruženje i lokalizirati gdje se nalazi zahvaljujući informacijama dobivenim iz okoline.

AGV-ovi mogu mapirati okoliš različitim agv sensorima kao što su kamere za vid, lidarski senzori ili čak s istim laserima koji se koriste iz sigurnosnih razloga. Sve ove informacije kombiniraju se s internom inercijskom mjernom jedinicom (IMU) kako bi se definiralo i ponovno izračunalo stvarno AGV pozicioniranje.

SLAM navigacija zamijenit će druge vrste navigacije poput magnetske navigacije, optičke navigacije itd.

To je dobro rješenje za AGC-ove i traktore za vuču. Mnogi od glavnih proizvođača AGV-a razvijaju i uključuju ovu tehnologiju na svoje AGV-ove. Glavna briga o prirodnoj (SLAM, LIDAR itd.) tehnologiji je njezina pouzdanost u promjenjivim okruženjima kao što su proizvodne linije u kojima se kontinuirano kreću ljudi, predmeti, kutije, palete itd.

²⁹ [AGV magnetic tape and its advantages - Magnets Blog - IMA \(imamagnets.com\)](https://www.imamagnets.com/blog/2018/05/29/agv-magnetic-tape-and-its-advantages/)

Iz tog razloga, SLAM s LiDAR-om izvrsno je rješenje za AGV-ove gdje imate dobro definirane profile i okruženja s fiksnim konstrukcijama kao što su zidovi i stupovi. Prirodna navigacija može se koristiti u skladištima i bolnicama... Općenito, u bilo kojem okruženju s niskom razinom "zbunjenosti".³⁰

8.3.4. Vizualno navođena vozila

Tehnologija mreže dokaza, oblik probabilističkog volumetrijskog istraživanja koje koriste AGV-ovi vođeni vidom, koristi vjerojatnost popunjenosti za svaku točku u prostoru kako bi nadoknadila nesigurnosti senzora i performansi okoliša.

Posebno izrađene stereo kamere služe kao primarni navigacijski senzori. AGV vođen vidom stvara 3D kartu od slika od 360 stupnjeva i koristi je za usmjeravanje AGV-ova unaprijed određenim putem bez pomoći dodatnih značajki, orijentira ili tehnologija pozicioniranja.

8.4 PREDNOSTI AGV VOZILA

Budući da djeluju autonomno, AGV-ovi povećavaju učinkovitost i produktivnost te su predvidljivi i pouzdani za ponavljajuće zadatke. AGV-ovi uklanjaju nepotrebno hodanje i također uklanjaju fizički rad transportnih materijala. Oni određuju tempo i za radnike, zadržavajući suradnike na zadatku. AGV-ovi poput suradničkih mobilnih robota vode suradnike kroz svaki zadatak, smanjujući ljudsku pogrešku, što pomaže poboljšati točnost odabira narudžbi i minimizirati gubitak i zagubljene proizvode. Korištenjem umjetne inteligencije za optimizaciju ruta i određivanje prioriteta rada, kolaborativni mobilni roboti poboljšavaju korištenje resursa.

AGV-ovi se obično nabavljaju po jedinici ili po trošku razdoblja najma, tako da je manja fluktuacija troškova u usporedbi s ljudskim radom, što može varirati na temelju tržišnih uvjeta i potražnje.

³⁰ [4 Types of AGV \(Automated Guided Vehicles\) Navigation Systems - IST Robot \(ist-robot.com\)](https://www.ist-robot.com/4-Types-of-AGV-Automated-Guided-Vehicles-Navigation-Systems)

Neki AGV-ovi nude fleksibilnost ruta koje se lako mijenjaju (u usporedbi s drugima koje zahtijevaju preusmjeravanje vodilica ili drugu infrastrukturu za podešavanje rute vozila). Automatizirana vođena vozila također su skalabilno rješenje s mogućnošću dodavanja dodatnih jedinica na temelju potražnje.

U usporedbi s drugim rješenjima za automatizaciju, kao što su transportni sustavi, AGV-ovi zahtijevaju manje prostora. Neki AGV-ovi su manji u usporedbi s tradicionalnom skladišnom opremom, poput viličara, što omogućuje tlocrte s užim prolazima i boljom iskorištenošću prostora.

Konačno, AGV-ovi su sigurno rješenje za automatizaciju skladišta, distribucijskih centara i proizvodnih pogona. AGV-ovi su opremljeni sensorima kako bi se izbjegli sudari. Napredni AGV-ovi poput AMR-ova imaju inteligentne mogućnosti usmjeravanja koje im omogućuju planiranje najučinkovitijeg puta kroz skladište ili postrojenje, smanjujući zagašenje prolaza i sprječavajući ozljede.

Automatizirana vodena vozila (AGV-ovi) pružaju brojne prednosti u manipulaciji materijalom i logističkim operacijama. Povećavaju učinkovitost automatizacijom kretanja roba unutar objekata, smanjujući potrebu za ručnim radom i povećavajući preciznost operacija.

AGV-ovi također poboljšavaju sigurnost smanjujući rizik od nesreća povezanih s ljudski vođenim strojevima. Njihova fleksibilnost i prilagodljivost čine ih idealnima za dinamična proizvodna okruženja, jer ih je lako reprogramirati kako bi se prilagodili promjenjivim proizvodnim potrebama. Osim toga, AGV-ovi mogu raditi 24 sata dnevno, pridonoseći povećanoj produktivnosti i omogućujući tvrtkama da udovolje zahtjevima modernih, neprekidnih lanaca opskrbe.³¹

³¹ [Automated Guided Vehicles \(AGV\) Meaning & Types | 6 River Systems](#)

9. BUDUĆNOST PRIMJENE AUTONOMNIH VOZILA U LOGISTICI

Transportna i logistička industrija brzo se razvija, a jedan od najuzbudljivijih razvoja je uspon autonomnih vozila. Samovozeći kamioni, bespilotne letjelice, pa čak i brodovi razvijaju se i testiraju, obećavajući budućnost učinkovitijeg i isplativijeg prijevoza. Očekuje se da će autonomna vozila donijeti značajne koristi transportnoj i logističkoj industriji, uključujući povećanu sigurnost, smanjene troškove i poboljšanu učinkovitost.

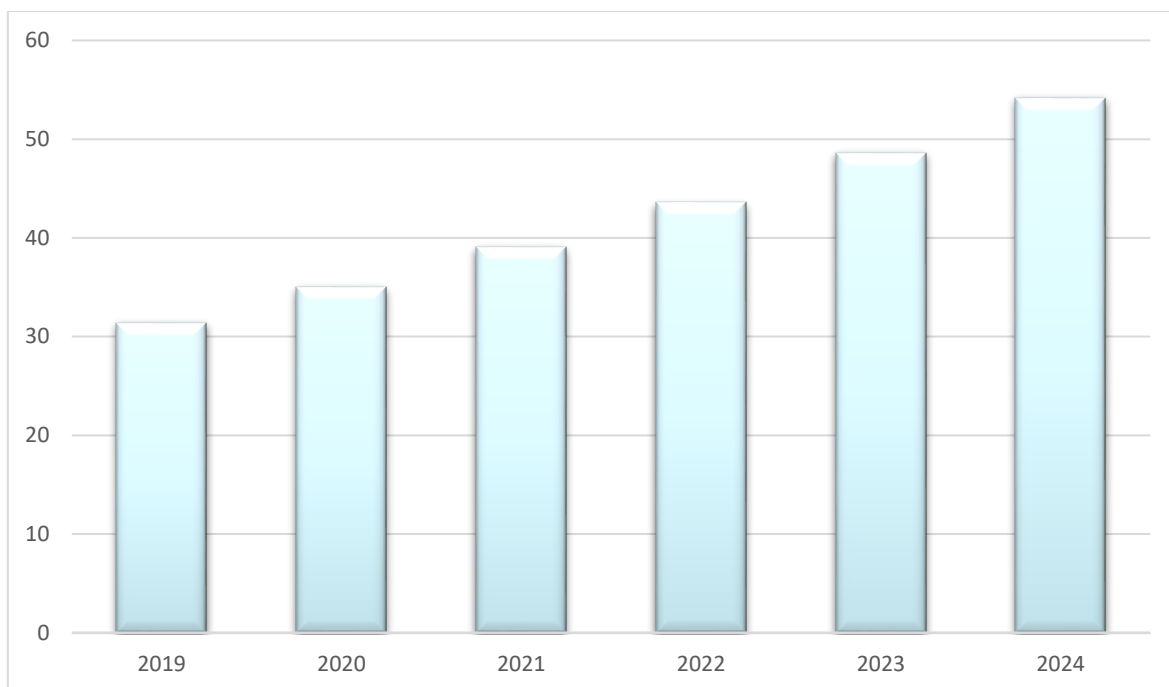
Autonomna vozila mogu poboljšati učinkovitost na nekoliko načina. Na primjer, samovozeći kamioni mogu optimizirati svoje rute kako bi izbjegli promet i smanjili vrijeme isporuke. Bespilotne letjelice mogu se koristiti za isporuku u posljednjoj milji, smanjujući potrebu za kamionima za navigaciju zagušenim urbanim područjima. A autonomni brodovi mogu optimizirati svoje rute kako bi iskoristili povoljne vremenske uvjete, smanjujući potrošnju goriva i emisije.

Očekuje se kako će autonomna vozila također donijeti nove poslovne modele transportnoj i logističkoj industriji. Na primjer, samovozeći kamioni mogli bi se koristiti za autonomne konvoje, gdje više kamiona slijedi olovni kamion koji vozi ljudski vozač. To bi tvrtkama moglo omogućiti uštedu novca na troškovima rada i povećanje učinkovitosti, a istovremeno zadržati ljudskog vozača u vodećem kamionu radi sigurnosti.

Autonomna vozila imaju potencijal učiniti prijevoz i logistiku održivijima. Samovozeći kamioni i brodovi mogu optimizirati svoje rute kako bi smanjili potrošnju goriva i emisije, a bespilotne letjelice mogu se koristiti za isporuke bez potrebe za kamionima ili zrakoplovima. Time će se doprinijeti smanjenju ugljičnog otiska industrije i poduprijeti naporu u borbi protiv klimatskih promjena.

Zaključno, budućnost autonomnih vozila u prijevozu i logistici je svijetla. Iako još uvijek postoje izazovi koje treba prevladati, kao što su regulatorni i sigurnosni problemi, potencijalne prednosti samovozećih kamiona, bespilotnih letjelica i brodova su ogromne. Povećanjem sigurnosti, smanjenjem troškova, poboljšanjem učinkovitosti, poboljšanjem održivosti i uvođenjem novih poslovnih modela u industriju, autonomna vozila trebala bi promijeniti način na koji premještamo robu i ljude u godinama koje dolaze.³²

³² [Future of autonomous vehicles in transportation and logistics \(linkedin.com\)](#)



Grafikon 1. Prikaz broja autonomnih automobila u svijetu u milijunima jedinica (2019.-2023.)

Izvor: [Projected number of autonomous cars worldwide | Statista](#) (25.7.2023)

9.1. RJEŠENJA KOJA AUTONOMNA VOZILA NUDE U BUDUĆNOSTI

Iz perspektive unutarnjih operacija, autonomna vozila mogla bi poboljšati učinkovitost i smanjiti troškove u gotovo svim putovima i čvorovima lanca opskrbe. Iz vanjske perspektive okrenute prema kupcima, mogli bi pomoći tvrtkama da bolje ispune zahtjeve za dostavom kupaca. Sa stajališta operativne znanosti, tehnologija nudi mogućnost smanjenja varijabilnosti, povećanja kapaciteta i smanjenja vremena ciklusa za različite bezbroj aktivnosti koje obuhvaćaju aktivnosti lanca opskrbe.

Potencijalne primjene lanca opskrbe za autonomna vozila gotovo su neograničene. Na primjer, bespilotne letjelice mogle bi obavljati opasne poslove, kao što je brojanje zaliha u višim dijelovima skladišta ili prikupljanje informacija tijekom prirodnih katastrofa i njihovo prenošenje donositeljima odluka na ljudima. Samovozeći dostavni kombiji mogli bi smanjiti visoke troškove isporuke u posljednjoj milji u e-trgovini, dok bi autonomno zakazivanje i otprema isporuka na zahtjev i prijevoz smanjili vrijeme kašnjenja i odgovore na brzinu.

Autonomna vozila mogla bi prevoziti osobe s invaliditetom na posao, proširujući radni fond za skladišta i druge poslove u lancu opskrbe.³³

9.2. INTELIGENTNI TRANSPORTNI SUSTAVI U LUKAMA

Lučki sustav je dinamičan i otvorenog tipa, što se očituje u njegovom odnosu prema prometnom sustavu, gospodarskom sustavu, položaju na tržištu i stupnju utjecaja vanjskih faktora na njegovo djelovanje. Prisutnost interesnih skupina koje zahtijevaju visoka ulaganja i djeluju unutar luke pozitivno utječe na unapređenje lučkog sustava.

Inteligentni transportni sustavi u lukama imaju zadatak unaprijediti procese i aktivnosti u luci s ciljem uspostave konkurentnog položaja luke i održavanja tog statusa kroz definiranje i eliminiranje uskih grla kao prepreke primjene naprednih tehnologija i uspostave kontinuiranog toka tereta kroz lučki sustav.

Zbog svojih mogućnosti, inteligentni transportni sustavi u lukama trebali bi biti prihvaćeni kao neizostavan dio nacionalne arhitekture inteligentnih transportnih sustava (ITS) razvijene s ciljem pružanja jedinstvenog okvira koji interesne skupine mogu koristiti za strateško planiranje koje zadovoljava zahtjeve na lokalnoj i globalnoj razini. ITS u lukama otvaraju mogućnosti za optimizaciju korištenja postojećih sustava putem novih informacijskih i komunikacijskih tehnologija, definirajući funkcionalne značajke i razvijajući funkcionalni model ITS-a.

Istraživanje transporta u posljednjih dvadesetak godina pokazuju znatno povećanje volumena prometa, naročito objedinjenih tereta i transportnih aktivnosti. Očekivati je globalno povećanje trgovine time i prometa po stopi od tri posto godišnje. Sve to uz veliku pomoć automatiziranih vozila koja su u srodnom odnosu sa inteligentnim transportnim sustavima te se paralelno razvijaju i razvijat će se u budućnosti.³⁴

³³ [How Autonomous Vehicles Will Disrupt Logistics and Create New Business Opportunities - Project Production Institute](#)

³⁴ Jolić, N.: *Logistika i ITS*, Sveučilište u Zagrebu, 2006.

10. ZAKLJUČAK

Zaključno, integracija autonomnih vozila u područje logistike nosi ogromno obećanje i potencijal. Tijekom ovog rada, duboko smo zaronili u brojne prednosti koje samovozeća vozila nude logističkoj industriji. Od optimizacije ruta do analize podataka u stvarnom vremenu, ta vozila imaju kapacitet da revolucioniziraju način na koji prevozimo robu i upravljamo lancem opskrbe.

Jedna od najvažnijih prednosti istaknutih u ovom radu jest potencijal za povećanu učinkovitost. Autonomna vozila mogu operirati 24 sata dnevno bez umora, osiguravajući da se roba može neprestano transportirati, smanjujući vrijeme zastoja i ubrzavajući vrijeme dostave. Ta povećana učinkovitost ne samo da smanjuje operativne troškove, već doprinosi i reaktivnijem i fleksibilnijem lancu opskrbe.

Osim toga, ne možemo previše naglasiti aspekt sigurnosti autonomnih vozila. Ljudske pogreške vode u brojne nesreće u logistici, no samovozeća vozila, opremljena naprednim sensorima i AI algoritmima, imaju potencijal drastično smanjiti nesreće, čineći operacije logistike sigurnijim za radnike i opću javnost.

Ekonomski gledano, autonomna vozila obećavaju uštede kroz smanjenje troškova rada i povećanu učinkovitost potrošnje goriva. Ti financijski benefiti, zajedno s potencijalom za smanjenje emisija, usklađuju se s širim ciljevima održivosti i ekološke odgovornosti.

Unatoč tome, važno je prepoznati izazove koje treba prevladati za besprijekornu integraciju autonomnih vozila u logistiku. Trebaju se uspostaviti i kontinuirano ažurirati regulatorni okviri kako bi se osigurala sigurna i etička operacija samovozećih vozila. Mjere zaštite od cyber prijetnji moraju se čvrsto primijeniti kako bi se zaštitili od potencijalnih prijetnji i ranjivosti. Osim toga, radna snaga u logistici će zahtijevati nova znanja i obuku kako bi učinkovito upravljala i nadgledala autonomne sustave.

U konačnici, budućnost logistike čini se tijesno povezanom s autonomnim vozilima. Dok tehnologija nastavlja napredovati i inovacije potiču napredak, na nosiocima interesa u logističkoj industriji, donositeljima politika i istraživačima je da surađuju i prevladaju ove izazove. Čineći to, možemo uvesti novo doba logistike u kojem samovozeća vozila igraju ključnu ulogu u stvaranju učinkovitijih, održivijih i otpornijih lanaca opskrbe.

Rezimirajući, autonomna vozila u logistici nisu samo tehnološki napredak, već i transformacijska snaga koja ima potencijal temeljito preoblikovati industriju. Na nama je da prihvatimo ovaj transformacijski potencijal, suočimo se s izazovima koji leže ispred nas i zajednički radimo kako bismo otključali brojne prednosti koje samovozeća vozila mogu donijeti u logističkom krajoliku.

LITERATURA

KNJIGE

1. Hlača, B.: Lučka logistika, Pomorski fakultet u Rijeci, 2016.
2. Jolić N., Logistika i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2006.
3. Jolić N., Luke i ITS, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2008.
4. Regodić, D.: *Logistika*, Univerzitet Singidunum, Beograd, 2010.
5. Zelenika R., Prometni sustavi, Ekonomski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2001.

INTERNETSKI IZVORI

1. 20 Pros and Cons of Driverless Cars – Vittana.org (30.6.2023)
2. 4 Types of AGV (Automated Guided Vehicles) Navigation Systems - IST Robot (ist-robot.com) (12.8.2023)
3. AGV magnetic tape and its advantages - Magnets Blog - IMA (imamagnets.com) (12.8.2023)
4. Automated Guided Vehicles (AGV) Meaning & Types | 6 River Systems (14.8.2023)
5. Driverless Cars Pros and Cons (way.com) (30.6.2023)
6. Future of autonomous vehicles in transportation and logistics (linkedin.com) (16.8.2023)
7. How Autonomous Vehicles Will Disrupt Logistics and Create New Business Opportunities - Project Production InstituteProject Production Institute (16.8.2023)
8. <https://biz.htgetrid.com/hr/new-ponyatie-i-osnovnye-vidy-logistiki.html> (8.6.2023)
9. <https://blogs.nvidia.com/blog/2019/04/15/how-does-a-self-driving-car-see/> (22.6.2023)
10. <https://jatrgovac.com/logistika-jucer-danas-sutra/> (8.6.2023.)
11. <https://www.bbva.ch/en/news/the-history-of-autonomous-vehicles-how-they-have-evolved-since-the-first-prototypes/> (10.6.2023)
12. <https://www.bug.hr/transport/autonomna-cestovna-vozila-robote-vozi-polako-20775> (13.6.2023)
13. <https://www.einfochips.com/blog/how-lidar-based-adas-work-for-autonomous-vehicles/> (16.6.2023)

14. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=71368> (13.6.2023)
15. <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=71368> (13.6.2023)
16. <https://www.gard.no/web/updates/content/27188643/maritime-autonomous-surface-ships-identifying-and-covering-the-risks> (11.6.2023)
17. https://www.tutorialspoint.com/radar_systems/radar_systems_overview.htm
(18.6.2023)
18. The Pros and Cons of Driverless Cars | Just News (30.6.2023)

KAZALO KRATICA

Kratice	Puni naziv na stranom jeziku	Tumačenje na hrvatskom jeziku
ABS	engl. <i>Anti-lock braking system</i>	Sustav protiv blokiranja kotača
AGV	engl. <i>Automatically guided vehicle</i>	Automatski navođeno vozilo
AI	engl. <i>Artificial intelligence</i>	Umjetna inteligencija
IMO	engl. <i>International maritime organization</i>	Međunarodna pomorska organizacija
ITS	engl. <i>Intelligent transportation system</i>	Inteligentni transportni sustavi
LIDAR	engl. <i>Light detection and ranging</i>	Otkrivanje i domet svjetlosti
RADAR	engl. <i>Radio detection and ranging</i>	Zapažanje i određivanje položaja predmeta pomoću radiovalova
V2V	engl. <i>Vehicle to vehicle</i>	Vozilo prema vozilu

POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz autonomnog automobila „Chandler“ Francisa Houdinija	10
Slika 2. Shematski prikaz automatizacije vozila	14
Slika 3. Prikaz percepcije okoline autonomnih vozila	20

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Prikaz broja autonomnih automobila u svijetu u milijunima jedinica (2019.-2023.)	33
---	----