

Primjena umjetne inteligencije u autonomnim vozilima

Ojvan, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Economics and Business / Sveučilište u Zagrebu, Ekonomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:148:904972>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported/Imenovanje-Nekomercijalno-Dijeli pod istim uvjetima 3.0](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-23**



Repository / Repozitorij:

[REPEFZG - Digital Repository - Faculty of Economics & Business Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu

Ekonomski fakultet

Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij

Poslovna ekonomija – smjer Menadžerska informatika

**PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U
AUTONOMNIM VOZILIMA**

Diplomski rad

Luka Ojvan

Zagreb, rujan 2022.

Sveučilište u Zagrebu
Ekonomski fakultet
Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij
Poslovna ekonomija – smjer Menadžerska informatika

PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U
AUTONOMNIM VOZILIMA
APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN
AUTONOMOUS VEHICLES

Diplomski rad

Student: Luka Ojvan

JMBAG studenta: 0067566276

Mentor: Prof. dr. sc. Mario Spremić

Zagreb, rujan 2022.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je diplomski rad / seminarski rad / prijava teme diplomskog rada isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem da nijedan dio rada / prijave teme nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog izvora te da nijedan dio rada / prijave teme ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem, također, da nijedan dio rada / prijave teme nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

(vlastoručni potpis studenta)

(mjesto i datum)

STATEMENT ON THE ACADEMIC INTEGRITY

I hereby declare and confirm by my signature that the final thesis is the sole result of my own work based on my research and relies on the published literature, as shown in the listed notes and bibliography.

I declare that no part of the thesis has been written in an unauthorized manner, i.e., it is not transcribed from the non-cited work, and that no part of the thesis infringes any of the copyrights.

I also declare that no part of the thesis has been used for any other work in any other higher education, scientific or educational institution.

(personal signature of the student)

(place and date)

SAŽETAK

Posljednjih desetljeća došlo je do raznih znanstvenih otkrića u novim oblicima tehnologije. Tako se kao jedno od izrazito bitnih područja pojavila i umjetna inteligencija. Njena implementacija sve je češća u svim područjima poslovanja. Još tijekom prošloga stoljeća pokrenulo se pitanje autonomnih vozila koja će donijeti revoluciju u ovoj industriji. Ova vozila funkcioniraju pomoću umjetne inteligencije te je njihov cilj potpuno zamijeniti čovjeka kao osobe koja upravlja vozilom. Upravo se zato ovaj rad bavi primjenom umjetne inteligencije u autonomnim vozilima kako bi se pobliže objasnio utjecaj umjetne inteligencije i njenih metoda učenja koje se koriste u proizvodnji ovakvih vrsta vozila. Veliki udio ljudske populacije još uvijek nije u potpunosti upoznat s funkcionalnostima koje ova tehnologija nudi. Stoga je za potrebe pisanja ovoga rada provedeno istraživanje kako bi se ispitala razmišljanja ljudi o ovakvoj vrsti vozila koja će se sve više početi primjenjivati u budućnosti. Mišljenja ljudi, kao najvažnijih sudionika u prometu, vrlo su važna kako bi se na najbolji mogući način autonomna vozila prilagodila njima. Iako prema rezultatima istraživanja ispitanici većim dijelom ne vjeruju u potpuni prelazak na autonomna vozila u budućnosti, mnoga znanstvena predviđanja tvrde suprotno.

Ključne riječi: autonomna vozila, umjetna inteligencija, automobili, učenje

ABSTRACT

In recent decades, there have been various scientific discoveries in new forms of technology. Thus, artificial intelligence emerged as one of the extremely important areas. Its implementation is increasingly common in all areas of business. During the last century, the issue of autonomous vehicles that will revolutionize this industry has been launched. These vehicles operate with artificial intelligence and their aim is to fully replace human beings as the person driving the vehicle. This is precisely why this thesis deals with the application of artificial intelligence in autonomous vehicles in order to explain in more detail the impact of artificial intelligence and its learning methods used in the production of these types of vehicles. A large part of the human population is still not fully familiar with the functionalities that this technology offers. Therefore, for the purposes of writing this thesis, research was conducted to examine people's thoughts about this type of vehicle, which will be increasingly used in the future. People's opinions, as the most important traffic participants, are very important in order to adapt autonomous vehicles to them in the best possible way. Although, according to the results of the survey, respondents mostly do not believe in a complete transition to autonomous vehicles in the future, many scientific predictions claim the opposite.

Keywords: autonomous vehicles, artificial intelligence, automobiles, learning

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Predmet i cilj istraživanja.....	1
1.2. Metode istraživanja i izvori podataka	2
1.3. Sadržaj i struktura rada.....	2
2. UMJETNA INTELIGENCIJA	3
2.1. Definiranje pojma umjetne inteligencije	3
2.2. Povijesni razvoj.....	4
2.3. Funkcionalnosti i karakteristike umjetne inteligencije.....	7
3. AUTONOMNA VOZILA	11
3.1. Definiranje pojma autonomnih vozila	11
3.2. Primjeri autonomnih vozila.....	13
3.3. Utjecaj na društvo.....	16
3.4. Budućnost autonomnih vozila.....	17
4. PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U AUTONOMNIM VOZILIMA	20
4.1. Procesu učenja autonomnih vozila.....	20
4.2. Funkcionalnosti umjetne inteligencije u autonomnim vozilima	23
5. ISTRAŽIVANJE STAVOVA ISPITANIKA O AUTONOMNIM VOZILIMA.....	28
5.1. Metodologija istraživanja.....	28
5.2. Rezultati istraživanja	29
5.3. Zaključak dobivenih rezultata	44
6. ZAKLJUČAK.....	45
POPIS LITERATURE.....	47
POPIS SLIKA.....	50
POPIS TABLICA	51
ŽIVOTOPIS AUTORA	52
PRILOZI.....	53

1. UVOD

Tehnologija danas čini sastavni dio ljudskih života. Svaki se čovjek svakodnevno susreće s različitim oblicima tehnologije, bilo kroz posao, školovanje ili možda samo kroz zabavu. Posljednjih je desetljeća zabilježila znatan napredak, od pojave interneta do nekih naprednijih oblika poput umjetne inteligencije. Upravo je umjetna inteligencija dokazala da je moguće naučiti računalo značajkama koje karakteriziraju ljude. S obzirom na to da je danas razvijena u mnogim industrijama te je njena primjena iznimno široka, u narednim godinama očekuju se još veći izumi do kojih će doći konstantnim napretkom umjetne inteligencije. Jedna od industrija koja sve više implementira umjetnu inteligenciju u svoje proizvode je i automobilska industrija. Vodeći svjetski lideri ove industrije, poput Tesle, svakim danom razvijaju nove karakteristike svojih automobila koje se odmiču od onih standardnih. Tako je i započeo razvoj autonomnih vozila koja samostalno upravljaju bez potrebe za ljudskom intervencijom. Trenutna vozila nisu u potpunosti autonomna, ali sve više i više dobivaju njene značajke. Stoga ne čudi da će u budućnosti postojati potpuno autonomna vozila kao što su samovozeći automobili, dronovi, vojna vozila i slično. To će uvelike utjecati na društvo i promijeniti način života svih ljudi.

1.1. Predmet i cilj istraživanja

Predmet ovog diplomskog rada veže se uz umjetnu inteligenciju koja se do danas počela primjenjivati u raznim industrijama. Može se reći da nadilazi sve granice i konstantno dokazuje što je sve moguće ostvariti kada se nešto zamisli. Cilj je ovog rada prikazati utjecaj koji danas umjetna inteligencija ima na autonomna vozila te kroz primarno istraživanje dokazati u kojoj su mjeri ljudi upućeni i prihvaćaju li te nove oblike vozila, kao i buduća unaprjeđenja istih. S obzirom na to da sve više i više novih vozila dobiva značajke autonomnosti te su predviđanja da će budućnost donijeti još veće promjene u nekim osnovnim životnim radnjama, poput vožnje automobila, u radu će se na temelju analize provedenih istraživanja pobliže objasniti metode i funkcionalnosti koje se koriste prilikom implementacije istih. Rad će se osvrnuti i na to kako autonomna vozila izgledaju danas i koja su predviđanja za budućnost te kakvog će to traga ostaviti na ljudima i društvu općenito. Također, kroz primjere trenutnih tržišnih lidera industrije automobila istražiti će se trenutna situacija i razvitak autonomnih vozila. Primarno istraživanje stavova ispitanika o autonomnim vozilima provest će se putem online ankete.

1.2. Metode istraživanja i izvori podataka

Prilikom pisanja ovog diplomskog rada koristit će se znanstveni članci iz područja umjetne inteligencije i autonomnih vozila, kao i knjige odabranih autora. Također, istražiti će se i trenutne aktualnosti tržišta autonomnih vozila. Na temelju svih prikupljenih podataka prikazat će se metode i karakteristike umjetne inteligencije u autonomnim vozilima te donijeti zaključak o njihovoj budućnosti. Isto tako, provest će se anketno istraživanje među populacijom kako bi se saznali njihovi stavovi i znanja o autonomnim vozilima.

1.3. Sadržaj i struktura rada

Sadržaj i struktura ovog diplomskog rada podijeljena je u šest poglavlja. Rad započinje uvodom u kojem se ukratko opisuje svrha ovoga rada te metode prikupljanja podataka prilikom pisanja istoga. Zatim rad uvodi u područje umjetne inteligencije, u njeno definiranje, povijesni razvoj i funkcionalnosti koje nudi. Nakon toga slijedi poglavlje o autonomnim vozilima, gdje se obrađuje njihova tematika kroz primjere trenutnih tržišnih “giganta” ove industrije, kao i utjecaj samih autonomnih vozila na društvo u cjelini te će se opisati neka predviđanja o budućnosti autonomnih vozila. U četvrtom će se poglavlju detaljnije opisati primjena umjetne inteligencije u autonomnim vozilima, metode i procesi učenja te funkcionalnosti. U petom će se poglavlju prikazati primarno anketno istraživanje i rezultati istoga te na kraju zaokružiti cijeli rad zaključkom i popisom literature, slika, tablica, priloga i životopisom autora.

2. UMJETNA INTELIGENCIJA

2.1. Definiranje pojma umjetne inteligencije

“Umjetna inteligencija je dio računalne znanosti koja se bavi razvojem sposobnosti računala da obavlja zadatke za koje je potreban neki oblik inteligencije.” (Pejić Bach, Spremić i sur., 2020) U svome radu Ertel (2017) objašnjava umjetnu inteligenciju tako da ju uspoređuje s ljudskom općinjenošću samim pojmom inteligencije. Polazeći od toga što uopće definira inteligenciju, na koji je način adekvatno provoditi njezino mjerenje te polazi li sve zaista iz mozga i kako mozak uopće funkcionira. Sva ta i razna druga promišljanja izrazito su bitna za samo definiranje umjetne inteligencije. Ljudski je um vrlo teško definirati i razumjeti, a to je upravo ono čemu teži umjetna inteligencija. Kao što Ertel (2017) navodi, sama riječ “umjetna” često ne označava nešto pozitivno, odnosno prva poveznica koja padne na pamet većini ljudi kada se priča o umjetnoj inteligenciji su upravo scenariji iz raznih znanstveno-fantastičnih filmova i romana, gdje se ona povezuje s raznim robotima koji imaju inteligenciju čovjeka. Upravo radi takvih razloga ona je često negativno prihvaćena od strane društva.

Kao najbolja definicija umjetne inteligencije spominje se ona Elaine Rich koja kaže da je umjetna inteligencija studija koja nastoji naučiti računalo da uspješno izvršava radnje u kojima su ljudi trenutno bolji (Rich, 1983). Kada se bolje promisli, ova definicija je konstantna, odnosno koliko god umjetna inteligencija napredovala, uvijek će postojati stvari koje čovjek izvršava bolje ili točnije od računala. Stoga će uvijek postojati prostor za napredak u području umjetne inteligencije. Poslovi poput provođenja raznih računskih operacija vrlo vjerojatno će biti točnije odrađeni od strane računala s umjetnom inteligencijom, dok će čovjek prednjačiti u situacijama poput opažanja i raspoznavanja svoje okoline. Upravo iz toga razloga neuroznanost ima veliku ulogu u umjetnoj inteligenciji jer se bavi funkcionalnostima i načinom rada mozga, koji rasuđuje i opaža svoju okolinu te tako utječe na ponašanje čovjeka. Kao jedan od potprocesa umjetne inteligencije javlja se i strojno učenje, koje nastoji naučiti računalo kako mijenjati svoje ponašanje u skladu s uvjetima u okolini (Ertel, 2017). No, ljudski mozak ipak ima određene granice do kojih može procesuirati i “spremati” podatke i informacije, što nije slučaj kod računala odnosno uređaja koji koriste funkcionalnosti umjetne inteligencije, te upravo zato ne čudi da se takvi uređaji sve više implementiraju u poslovanje (Spremić, 2017).

Bartneck i sur. (2021) dijele umjetnu inteligenciju na slabe i jake sustave umjetne inteligencije. Slabi sustavi umjetne inteligencije okarakterizirani su kao sustavi usredotočeni na jednu točno

određenu funkciju koju uspješno rješavaju. Nedostatak ovih sustava očituje se u ograničenju njihovog djelovanja, što je vidljivo iz toga što nisu u stanju riješiti niti jedan drugi problem, čak ni onaj koji je usko vezan uz područje njihovog djelovanja. S druge strane, definirao je jake sustave umjetne inteligencije koji su predstavljali računala koja bi na temelju podataka koje primaju i šalju, imala um potpuno jednak ljudskome. No, jaki sustavi nisu do sada nikada implementirani već se nastoji osigurati da sustavi mogu rješavati više problema odjednom koji ne moraju nužno biti međusobno povezani.

2.2. Povijesni razvoj

Brojni su znanstvenici obilježili početak razvoja umjetne inteligencije i njenih prvih pojavnih oblika. U svome radu Taulli (2019) izlaže da je Alan Turing zapravo začetnik razvoja umjetne inteligencije te ga mnogi smatraju “ocem umjetne inteligencije”. U tridesetim godinama prošloga stoljeća on je u svome djelu osmislio tzv. “Turingov stroj” koji je opisivao osnovne karakteristike računala. No, njegovo djelo iz 1950-ih godina “Computing Machinery and Intelligence” imalo je većeg značaja za samu umjetnu inteligenciju (Turing, 1950). Naime, u njemu se usredotočio na koncept stroja sa svojstvima inteligencije, ali najveću prepreku činilo je mjerenje same inteligencije stroja. Upravo iz tog razloga proveo je tzv. “Turingov test”, koji se temeljio na igri s tri igrača, od kojih su dva činili ljudi, a jedan računalo. Igra je temeljena na postavljanju pitanja od strane jednog čovjeka, ocjenjivača, preostaloj dvojici igrača koje su činili jedan čovjek i jedno računalo. Pitanja su postavljena otvoreno kako bi se na temelju odgovora raspoznalo tko je čovjek. U slučaju da ocjenjivač nije mogao procijeniti koji je od preostalih igrača čovjek, donosio se zaključak da računalo ima svojstva inteligencije. Kao zaključak ovog testa moguće je uvidjeti da računalo ima sposobnost komunikacije s ljudima, obrade podataka i informacija te razvijene govorne vještine (Taulli, 2019).

Nekoliko godina kasnije, održana je osmotjedna radionica “Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (DSRPAI)” gdje je i službeno definiran pojam umjetne inteligencije od strane Marvinia Minskyja i Johna McCarthyja (McCarthy, Minsky i sur., 1955). Neki od sudionika ove radionice kasnije su prozvani “očevima umjetne inteligencije”, kao što su računalni znanstvenik Nathaniel Rochester i matematičar Claude Shannon. Cilj je ove radionice bio okupiti znanstvenike iz raznih područja koji bi radili na izgradnji strojeva s ljudskom inteligencijom. Nakon ove radionice, uslijedilo je razdoblje u kojem se umjetna inteligencija sve više razvijala. Već 1960-ih godina predstavljen je računalni program “Eliza” kojeg je osmislio Joseph Weizenbaum, a predstavljao je prvi program koji je uspješno prošao

“Turingov test”. Ovaj je program provodio simulaciju komunikacije s čovjekom te je predstavljen kao prvi “Chatterbot” (Haenlein i Kaplan, 2019). Također, u to vrijeme pojavio se i program koji je rješavao jednostavne problemske radnje te se nazivao projektom “General Problem Solver” (Haenlein i Kaplan, 2019). Isto tako, vrijedan doprinos u 1960-im godinama dao je i Lotfi Zadeh, koji je zaključio da računala mogu djelovati i na način sličan čovjeku, a ne isključivo u obliku binarnih zapisa (Warwick, 2012). Tu ideju nazvao je tzv. “fuzzy” skupovima i sustavima. Generalno se tih godina nastojalo u kratkom razdoblju postići da računalo pomoću umjetne inteligencije radi na jednak način kao ljudski mozak, što je bilo nemoguće (Warwick, 2012).

Kao što Warwick (2012) opisuje, sedamdesete godine prošloga stoljeća bile su mračno doba umjetne inteligencije. Značajna financiranja ukinuta su zbog nedostatka obećanih rezultata te se područje neuronskih mreža, koje su činila računala koja su istraživala neuronski sastav mozga i pokušavala se s istim sjediniti, gotovo ukinulo. Znanstvenici su naišli i na razna ograničenja kao što je nedostatak računalne snage, odnosno preslaba računala s nedovoljno memorije i brzine kako bi obavljala složenije zadatke. Stoga nije bila moguća dublja razrada umjetne inteligencije jer su čak i njeni jednostavni zadaci zahtijevali izrazito velik broj informacija i podataka kako bi računalo moglo raspoznati sadržaj na način na koji to čine ljudi. Također, došlo je do raznih sukoba i filozofa neistomišljenika, od kojih je velik broj njih smatrao da će umjetna inteligencija uvijek imati ograničen kapacitet razvoja. John McCarthy smatrao je da nisu potrebni strojevi koji će u potpunosti razmišljati kao čovjek, već je dovoljno da se stvore računala koja će pomoću umjetne inteligencije uspješno rješavati određene probleme (Warwick, 2012). S druge strane, znanstvenici poput Marvinina Minskyja, smatrali su da je jedini način da računalo uspješno razumije objekte oko sebe, da u potpunosti funkcionira kao ljudski mozak (Warwick, 2012).

Warwick (2012) u svom djelu spominje kako su osamdesete godine prošloga stoljeća pozitivno utjecale na razvoj umjetne inteligencije. Naime, ističe kako je to bila posljedica tri čimbenika. Prvi čimbenik od utjecaja činili su brojni istraživači koji su prateće McCarthyjeve teorije te su se zalagali za razvijanje ekspertnih sustava koji su se bavili specifičnim područjem znanja te su se tijekom toga desetljeća isti započeli primjenjivati u raznim industrijama. Drugi čimbenik koji je radio u korist umjetne inteligencije jesu smanjene tenzije vezane uz neistomišljenike među znanstvenicima te nastavak daljnjeg razvijanja praktičnih rješenja umjetne inteligencije bez iznošenja tvrdnji trebaju li se računala ponašati kao ljudi ili ne. Kao treći čimbenik pojavila se

robotika, a s njom i nova promišljanja o dokazivanju inteligencije računala. Smatralo se da računalo mora imati tijelo kako bi preživljavalo, opažalo svoju okolinu i imalo mogućnost pomicati se. Taulli (2019) napominje da su ekspertni sustavi postojali i 1960-ih godina, ali njihova upotreba započela je tek 1980-ih godina. Kao primjer uspješno implementiranog ekspertnog sustava, Taulli navodi "XCON" (eXpert CONfigurer) koji je funkcionirao po principu optimizacije pri izboru komponenata računala, a razvio ga je John McDermott. S obzirom na to da je isti imao iznimno dobar uspjeh, utjecao je na iznimno povećanje investicija u ekspertne sustave. Također, navodi i ekspertni sustav tvrtke IBM koji je bio namijenjen njihovom računalu pod nazivom "Deep Blue" te je taj sustav u sekundi mogao obraditi čak dvjesto milijuna pozicija. No, krajem osamdesetih godina došlo je do sve većih poteškoća s ekspertnim sustavima. Naime, nisu bili primjenjivi u različitim kategorijama već su se bazirali na jedno područje. Isto tako, njihovim razvijanjem i povećanjem, bilo je sve teže upravljati istima te je to dovelo do pojave grešaka i povećanja troškova zbog sve većeg zahtjeva za njihovim upravljanjem.

Sve većim korištenjem računala i pojavom interneta, područje umjetne inteligencije postupno se širilo i sve više razvijalo. Umjetna inteligencija počela se koristiti u područjima poput financijskog sektora i vojske, gdje se dokazalo da je njeno djelovanje učinkovitije od čovjekovog. Warwick (2012) ističe da je razdoblje 1990-ih godina dovelo do brojnih ostvarenja u području umjetne inteligencije, poput prethodno spomenutog "Deep Blue" računalnog sustava koje je pomoću umjetne inteligencije uspjelo u šahu pobijediti svjetskog prvaka. Isto tako, sami autor (Warwick) 2002. godine uspio je čovjekov živčani sustav dovesti u vezu s računalom te je 2005. robot sa Sveučilišta Stanford uspješno samostalno odvezio dvjestotinjak kilometara. Također, jedan od novijih pristupa toga razdoblja bili su i tzv. "inteligentni agenti" koji su bili specijalizirani za određena područja te su funkcionirali po principu opažanja svoje okoline kako bi postupali što je moguće bolje. Uz to, došlo je i do brojnih otkrića u području matematike, poput teorije vjerojatnosti, kao i neuronskih mreža te pojave genetskih algoritama. Isto tako, mnogi novi razvojni oblici umjetne inteligencije počeli su se sve više integrirati unutar računalnih sustava i aplikacija te se smatraju dijelom istih. Svemu ovome iznimno je pogodovalo otkriće bežičnih mreža koje je znatno utjecalo na proširenje i razvoj umjetne inteligencije. Dugoročna znanstvena istraživanja o neuronskim mrežama urodila su plodom 2010-ih godina kada su metodama dubokog učenja uspjeli usavršiti razne tehnike, poput klasifikacije slika s visokom razinom točnosti, što je dovelo do velikih pomaka u području umjetne inteligencije i potaknulo razvoj autonomnih vozila i robota. Mnoga su predviđanja o

daljnjem razvoju umjetne inteligencije, kao što Putica (2018) u svom djelu napominje, u narednim desetljećima očekuje se velik napredak koji bi mogao značajno utjecati na čovječanstvo.

2.3. Funkcionalnosti i karakteristike umjetne inteligencije

Kao glavni pokretači umjetne inteligencije spominju se eksplozivan rast u skupovima podataka koji su doživjeli najveći rast pojavom interneta, zatim infrastruktura te GPU (Graphics Processing Units) koje predstavljaju tehnologiju temeljenu na čipovima, koja se koristila zbog svoje brzine u velikom broju istraživanja dubokog učenja (Taulli, 2019). No, postoje različiti tipovi umjetne inteligencije. Kao primjer navodi se prikaz znanja, koji se bavi načinom na koji se informacije trebaju prikazivati kako bi računalo znalo upotrijebiti iste. Isto tako, ekspertni sustavi upotrebljavaju umjetnu inteligenciju kako bi riješili neki problem usko vezan uz njihovo područje djelovanja. Također, tu su i sustavi planiranja koji vrše organizaciju velikog broja radnji uvjetovanih stanjem svijeta i neizvjesnošću. Računalni vid predstavlja područje umjetne inteligencije koje pretvara podatke uslikane kamerom u prikaze znanja (Bartneck i sur., 2021). Istraživači ovog područja često koriste i sustave prepoznavanja objekata, odnosno predmeta. Strojno učenje, kao jedna od važnih karakteristika umjetne inteligencije, razvija algoritme pomoću kojih računalo uči na temelju prethodnog iskustva i tako unaprjeđuje svoje djelovanje (Bartneck i sur., 2021). Sustavi umjetne inteligencije trenutno su obučeni da najbolje funkcioniraju u ograničenim, simuliranim okruženjima, ali u stvarnosti problem im stvaraju konstantni novi izazovi koji se javljaju zbog nemogućnosti apstraktnog razmišljanja o problemu te donošenja ispravnih rješenja (Bartneck i sur., 2021).

Glavni elementi umjetne inteligencije su strojno učenje (eng. Machine Learning) i duboko učenje (eng. Deep Learning) (Taulli, 2019). No, za uspješno bavljenje umjetnom inteligencijom potrebno je dobro poznavati rad s podacima. To ne mora nužno predstavljati da što je više podataka dostupno, rezultati će biti bolji i pouzdaniji. Prevelike količine podataka mogu dovesti do točke u kojoj se podaci počinju “raspadati” i njihov značaj gubi smisao. Stoga treba imati na umu da s porastom obilježja ili dimenzija podataka raste i broj podataka koje trebamo ispravno generalizirati (Taulli, 2019).

Strojno učenje (eng. Machine Learning) predstavlja potpodručje umjetne inteligencije koje koristeći algoritme koji funkcioniraju pomoću iskustva i povratne informacije poboljšavaju njihovu izvedbu u određenom zadatku (Bartneck i sur., 2021). Strojno učenje je brzorastuće

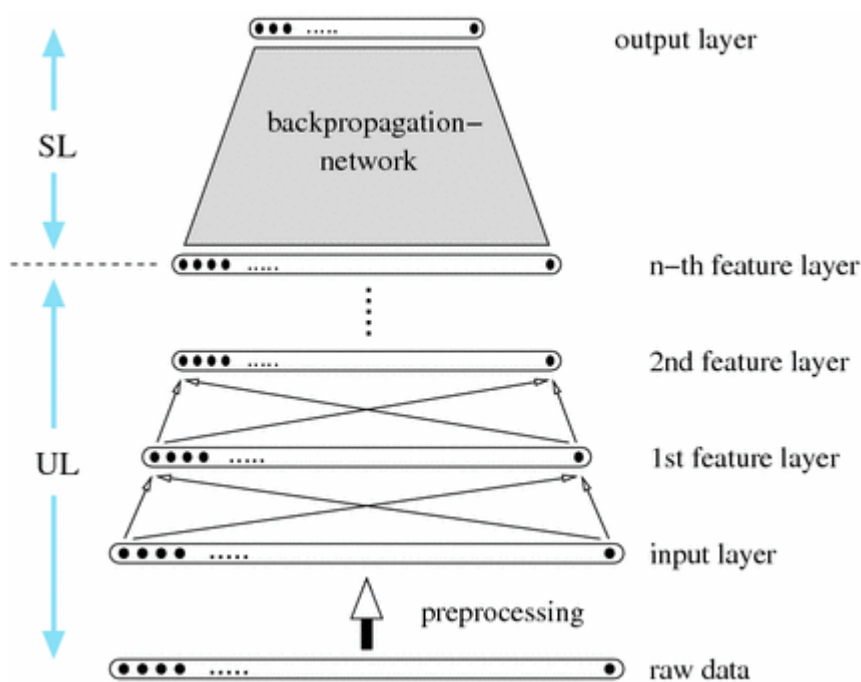
područje te se dijeli na tri kategorije: nadzirano učenje (eng. Supervised Learning), nenadzirano učenje (eng. Unsupervised Learning) i pojačano učenje (eng. Reinforcement Learning) (Bartneck i sur., 2021). Nadzirano učenje usredotočeno je na metode poput regresije i klasifikacije. Ono predstavlja proces u kojem se neoznačeni podaci šalju klasifikatoru u razvoju te se time poboljšava izvedba samoga klasifikatora. Problem klasifikacije rješava se označavanjem s obzirom na neku ciljnu kategorizaciju. Izvedba problema klasifikacije nadziranog učenja mjeri se izračunom prave pozitivne stope (eng. True positive rate) i lažne pozitivne stope (eng. False positive rate). Kao rezultat ovog procesa dobije se klasifikator, odnosno softver koji automatski prepoznaje oznaku nekog novog podatka. Savršenim klasifikatorom smatra se onaj čija je prava pozitivna stopa 100%, a lažna pozitivna stopa 0%. Drugu kategoriju čini nenadzirano učenje, koje se više usredotočuje na odnose i obrasce podataka nego na samo predviđanje te često koristi procese poput analize glavnih komponenti i grupiranje. Često predstavljaju prethodnike nadziranih metoda učenja temeljene na istraživanju. Treća kategorija odnosi se na pojačano učenje čije se funkcioniranje ne bazira na označavanju podataka nego korištenju povratnih informacija u obliku funkcije pojačanja koja označava države svijeta kao više ili manje poželjne u odnosu na određeni cilj. Autor navodi primjer robota koji prelazi s jedne lokacije na drugu te mu senzori daju informacije o udaljenosti od ciljne lokacije te je u tom slučaju funkcija pojačanja refleksija očitavanja senzora (Bartneck i sur., 2021). Taulli (2019) navodi i četvrtu kategoriju strojnog učenja: polunadzirano učenje (eng. Semi-supervised Learning). Definira ju kao kombinaciju nadziranog i nenadziranog učenja koja se koristi kada postoji mala količina neoznačenih podataka te se može pomoću dubokog učenja provoditi tzv. “pseudooznačavanje”, odnosno prevođenje nenadziranih u nadzirane podatke.

Taulli (2019) u svome djelu ističe cjelokupni proces strojnog učenja. Napominje da je potrebno imati sustavan pristup prilikom korištenja tehnologija strojnog učenja na određeni problem. Za početak je potrebno proći proces podataka te nakon toga napravili vizualizaciju istih. Cilj je izraditi model s jednim ili više algoritama koji će imati svojstvo velike razine predvidljivosti. U prvom koraku procesa strojnog učenja potrebno je odrediti redoslijed podataka te je preporučljivo da su podaci nasumično poredani jer u slučaju redosljedno poredanih podataka sustav je u mogućnosti iste prepoznati kao uzorak i time donijeti pogrešan zaključak. Drugi korak odnosi se na odabir modela, odnosno odabir algoritma, koji se temelji na pretpostavci koja može donijeti razne pokušaje i pogreške. U trećem koraku obučava se model na način da se uzima oko 70% kompletnog skupa podataka i stavljaju se u odnose kako bi sustav izračunao

težinu svakog od njih. Četvrti korak naziva se procjena modela te se u njoj koristi preostalih 30% podataka iz kompletnog skupa podataka koji čine testne podatke za provjeru točnosti algoritma. Ovaj skup podataka treba biti reprezentativan u rasponu i vrsti informacija iz podataka koji se obučavaju. Ovdje točnost predstavlja tek jednu od mjera uspješnosti algoritma te je potrebno uzeti u obzir i druge pristupe. Zadnji proces odnosi se na tzv. “fino podešavanje” modela gdje se prilagođavaju vrijednosti parametara u algoritmu. Služi kako bi se pokušali postići bolji rezultati modela te je kod njega moguća pojava tzv. “hiperparametara” koji se ne mogu naučiti izravno iz procesa obuke.

S druge strane nalazi se potpodručje umjetne inteligencije pod nazivom duboko učenje (eng. Deep Learning). Ono se u mnogočemu povezuje s pojmom strojnog učenja te su međusobno slični u nekim karakteristikama. Naime, strojno učenje funkcionira po principu prepoznavanja informacija iz označenih podataka, dok duboko učenje analizira sve podatke stavljajući ih u odnose putem neuronske mreže. Na primjeru prepoznavanja informacija s fotografija, proces strojnog učenja će analizirati isključivo označene podatke s fotografije te u velikom broju slučajeva tom metodom i naići na točne rezultate, ali uz razna ograničenja. No, puno relevantnija i točnija metoda je ona dubokog učenja gdje će se svi podaci s fotografije analizirati “piksel po piksel” i donijeti zaključci imitirajući razmišljanje ljudskog mozga. Dakle, duboko učenje može se okarakterizirati i kao podvrsta strojnog učenja gdje se analiziraju velike količine podataka i stvaraju poveznice među njima te uzorci podataka koje čovjeku često znaju promaknuti. Stoga se duboko učenje često povezuje s ljudskim mozgom. No, ljudski mozak je iznimno kompleksno područje istraživanja te su mnoge pojave još uvijek nepoznate, ali se svakim novim otkrićem u području neuroznanosti ostvaruje sve veći napredak u razvoju neuronskih mreža te samim time i umjetne inteligencije (Tauli, 2019). Duboko učenje sadrži razne metode, poput konvolucijskih neuronskih mreža (CNN), mreža dubokih uvjerenja i slično. Također, postoje i neka od osnovnih načela dubokog učenja, kao što je prepoznavanje uzoraka koje se koristi kod niskodimenzionalnih prostora i kod linearno odvojivih klasa. S druge strane, kod klasa koje nisu linearno odvojive u visokodimenzionalnim prostorima nastaju problemi nelinearne optimizacije te u tome slučaju koriste se rješenja poput povratnog širenja (eng. backpropagation) (Ertel, 2017).

Slika 1 Pojednostavljena arhitektura mreže dubokog učenja



Izvor: Ertel, W. (2017): Introduction to Artificial Intelligence, 2. izdanje, Cham: Springer International Publishing, str. 278

Neuronske mreže sastavljene su od velikog broja slojeva te sve uspješne metode dubokog učenja s istima usko djeluju. Kao što je vidljivo iz prikaza, neuronska mreža podijeljena je na dva dijela. Na dnu se nalazi sloj pretprocesiranja (eng. preprocessing) u koji dolaze neobrađeni, tzv. “sirovi” podaci. Zatim slijede slojevi nenadziranog učenja (UL) koji predstavljaju ulazne podatke koji su jednostavniji u nižim slojevima. Nakon toga nalaze se slojevi nadziranog učenja (SL) čija se mreža može “uvježbavati” povratnim širenjem (eng. backpropagation). Funkcioniranje ove arhitekture može se poistovjetiti s ljudskim mozgom koji je izgrađen od više slojeva te što je sloj viši, to su informacije i podaci koje on zaprima apstraktnije (Ertel, 2017).

Taulli (2019) zaključuje kako je duboko učenje još uvijek vrlo malo korišteno i dosta ograničeno područje. Trenutno, njegova upotreba primjenjiva je u tekstovima, slikama, videima i skupovima podataka vremenskih serija. Također, duboko učenje zahtijeva upotrebu vrlo jakih računalnih sustava i velikih količina podataka te je poželjno da se isti mogu provjeriti i kvantificirati. No, i u slučaju posjedovanja navedenih resursa vrlo je teško pronaći adekvatnu radnu snagu koja ima dovoljno iskustva u tome području.

3. AUTONOMNA VOZILA

3.1. Definiranje pojma autonomnih vozila

Autonomnost predstavlja neovisnost, odnosno moć samostalnog upravljanja. Stoga, prema definiciji američkog Ministarstva prometa, autonomna vozila su ona vozila kod kojih se vožnja obavlja samostalno, bez potrebe za intervencijom vozača (Zanchin i sur., 2017). Dakle, vozač nije primoran upravljati vozilom, ubrzavati, kočiti, kao ni konstantno paziti da se vozilo nalazi u ispravnoj traci i na dovoljnom razmaku od ostalih vozila u prometu. Autonomni automobil može se definirati i kao vozilo koje samostalno opaža okolinu i prostor u kojem se nalazi te tako funkcionira, odnosno kreće se u prometu bez ljudske intervencije (Zanchin i sur., 2017). No, da bi vozilo imalo značajke autonomnosti potrebne su komponente, kao što su senzori, koje će mu olakšavati samostalno djelovanje u pokretu. Senzori čine jedan od najbitnijih dijelova takvih vozila jer pomoću njih vozilo opaža događanja oko sebe i donosi odluke i zaključke na koji način postupati. Naravno, da bi se prikupljeni podaci mogli dalje procesirati, potrebno je da vozilo ima ugrađeno računalo koje će pratiti kretanje vozila, njegovo stanje i ostale potrebne parametre. Smatra se da bi implementacija potpuno autonomnih vozila donijela brojne prednosti za čovjeka. Kao primjer može se istaknuti veća sigurnost u vožnji koja bi smanjila i broj prometnih nesreća koje su većinom počinjene od strane čovjeka, zatim smanjenje troškova uslijed smanjene potrošnje i konstantne brige o stanju vozila, više vremena za korisnike da tijekom vožnje obavljaju neke korisnije aktivnosti, veća udobnost unutar vozila i slično (Zanchin i sur., 2017).

Ideja o samovozećim automobilima rodila se još u 20. stoljeću. Naime, tijekom prošloga stoljeća brojni znanstvenici pokušavali su izraditi vozilo s karakteristikama autonomnosti. Još iz razdoblja između 1920-ih i 1960-ih godina, isprobane su brojne metode udaljenog upravljanja automobilima poput onih pomoću radiovalova ili ugrađenih tehnologija u posebne eksperimentalne staze. No, u to vrijeme postojale su potpuno drugačije potrebe za ovakvim vozilima te su eksperimenti rađeni isključivo radi pogodnosti koje ova vozila pružaju i oduševljenjem ovakvim načinom rada, a ne iz sigurnosnih razloga kao što je to danas. Kao prve značajke autonomnosti, znanstvenici su u vozila počeli ugrađivati tempomate te je ubrzo došlo do otkrića adaptivnih tempomata i sustava automatskog kočenja. Tijekom 1980-ih i 1990-ih godina pokrenuta su brojna istraživanja o autonomnim vozilima na raznim sveučilištima u svijetu te su i Vlade država pozamašno financirale ista. No, najveći pomak dogodio se 2009.

godine kada su kompanije Google i Tesla započele svoja istraživanja i odigrale značajnu ulogu u implementaciji autonomnih vozila (Dhawan, 2019).

Postoji više vrsta klasifikacija autonomnosti, odnosno razina autonomne vožnje, poput onih Američkog društva automobilskih inženjera (eng. US Society of Automotive Engineers (SAE)) i Njemačke udruge automobilske industrije (eng. German Association of the Automotive Industry (VDA)). Najčešće je korištena metoda američkoga društva te je ista opisana u nastavku: (Bartneck i sur., 2021)

- Razina 0: “**No driving automation**” – predstavlja tradicionalna vozila koja nemaju značajki automatizacije
- Razina 1: “**Driver assistance**” – predstavlja vozilo s jednom karakteristikom autonomnosti (npr. automatsko kočenje)
- Razina 2: “**Partial driving automation**” – predstavlja vozilo koje može samostalno kočiti, ubrzavati i mijenjati traku, ali je vozač primoran regulirati vožnju (npr. vozila kompanije Tesla)
- Razina 3: “**Conditional driving automation**” – predstavlja vozilo koje pod određenim okolnostima može djelovati autonomno te vozač ne mora stalno kontrolirati vožnju jer mu vozilo daje znak desetak sekundi prije vraćanja kontrole na vozača
- Razina 4: “**High driving automation**” – predstavlja vozilo koje u standardnim uvjetima može samostalno funkcionirati, ali u nestandardnim uvjetima, poput lošeg vremena, vozač je primoran preuzeti kontrolu
- Razina 5: “**Full driving automation**” – predstavlja vozilo koje ima značajke potpune autonomnosti te nije potrebna intervencija vozača u bilo kojim uvjetima (Bartneck i sur., 2021).

Pojednostavljeni prikaz razina autonomnosti vožnje prikazan je u sljedećoj tablici gdje je s obzirom na razinu automatizacije prikazana svaka značajka te čiju odgovornost ona predstavlja prilikom vožnje:

Tablica 1 Razine automatizacije motornih vozila prilagođene SAE standardu

Razina automatizacije	Vrsta rada motornog vozila	Upravljanje, ubrzavanje, usporavanje	Praćenje okruženja u vožnji	Izvođenje dinamičke radne zadaće	Mogućnosti sustava (načini vožnje)
0	Tradicionalno vozilo bez automatizacije	Vozač	Vozač	Vozač	N/A
1	Pomoć vozaču	Vozač/Automatizirano	Vozač	Vozač	Neki načini vožnje
2	Djelomična automatizacija vožnje	Automatizirano	Vozač	Vozač	Neki načini vožnje
3	Uvjetovana automatizacija vožnje	Automatizirano	Automatizirano	Vozač	Neki načini vožnje
4	Visoka razina automatizacije	Automatizirano	Automatizirano	Automatizirano	Neki načini vožnje
5	Potpuna automatizacija	Automatizirano	Automatizirano	Automatizirano	Svi načini vožnje

Izvor: izrada autora prema Jarmai, K., Bollo, B. (2017): Vehicle and Automotive Engineering, Cham: Springer International Publishing, str. 292

Kao što Bartneck i sur. (2021) napominju, trenutno na tržištu ne postoji vozilo koje je potpuno automatizirano. U ovome trenutku najveći je doseg autonomnosti vozila onaj djelomične ili uvjetovane automatizacije vožnje, odnosno druge ili treće razine autonomnosti. No, većina ovih automobila još nije dostupna za kupnju jer se provode testne vožnje kako bi vozilo funkcioniralo u potpunosti ispravno.

3.2. Primjeri autonomnih vozila

2005. godine u Silicijskoj dolini na Sveučilištu Stanford ostvaren je projekt podržan od strane kompanije Google. Naime, radi se o prvom samovozećem automobilu pod nazivom "Google Car". Ovaj automobil utemeljen je na sustavu kojeg pokreće pet skupina senzora: kamere, radari, GPS prijemnik, senzori na kotačima i daljinski laserski senzorski sustav. Sustav je omogućavao autonomnu vožnju koja se izvodila pomoću podataka koje je zaprimao od prethodno navedenih senzora. No, vozač je mogao u bilo kojem trenutku prekinuti autonomnu vožnju i samostalno nastaviti upravljati vozilom. Provedena su brojna testiranja ovog tipa vozila te ih je većina uspješno položena (Attias, 2017). 2009. godine započeo je projekt Google

samovozećeg automobila iz kojeg se razvila tvrtka Waymo, jedna od podružnica tvrtke Alphabet Inc. koja je matična tvrtka Google-a, orijentirana na izgradnju potpuno autonomnog vozila. Kompanija Waymo ima tendenciju izgradnje “najiskusnijeg vozača na svijetu” pod nazivom “Waymo Driver” te je brojnim simulacijama kroz godine prikupljala podatke kako bi usavršila svoje autonomno vozilo. Isto tako, razvili su i uslugu potpuno autonomne vožnje “Waymo One” koja je moguća jedino u području istočnoga Phoenixa u Arizoni. Funkcionira po principu naručivanja vožnje putem aplikacije. Uza sve navedeno, kompanija radi i na implementaciji autonomnih teretnih vozila pod nazivom “Waymo Via” koja bi služila za prijevoz robe, a trenutno se nalaze u fazi testiranja kamiona (Waymo).

Još jedna američka kompanija koja se ističe u proizvodnji vozila budućnosti je Tesla. Nastala je 2003. godine kao kompanija pod nazivom Tesla Motors Inc. te joj je trenutno izvršni direktor Elon Musk. Njihova vozila koriste tzv. “Lidar skenere” koji funkcioniraju korištenjem laserskog svjetla, a ne radiovalova. Također, vozila su opremljena kamerama, radarima i sonarima te ih iz tih razloga smatraju dostatnima samostalne vožnje. Tesla je 2014. godine unaprijedila svoju tehnologiju u vozilima dodajući kamere i senzore koji su unaprijed upozoravali vozače u samovozećim automobilima na mogućnost potencijalne nezgode ili nesreće na cesti. Tu naprednu tehnologiju Tesli proizvode najnaprednije tehnološke kompanije poput GM Motorsa, Waymo i Yandex. Neki od kriterija koji se uzimaju u obzir kod performansi autonomnih vozila su velika snaga i brzina, koje Tesla kontinuirano povećava te time postaje jedna od najuspješnijih kompanija u ovoj industriji. Naravno, Tesla je poznata i po tome što omogućuje svojim korisnicima korištenje vlastitih punionica električne energije potpuno besplatno, uz vrlo brzo punjenje u trajanju oko pola sata. Uzevši u obzir sve ove stavke, Tesla je do sada pokazala vrlo visoki standard u proizvodnji svojih vozila te se nalazi u vrhu po odabiru autonomnih vozila od strane kupaca (Ajitha i Nagra, 2021).

U području proizvodnje autonomnih vozila ističe se i hrvatska kompanija Gideon Brothers d.o.o. koja izrađuje autonomna rješenja za lakši rad u proizvodnji i skladištima. Autonomna vozila koja proizvode pokreće njihova vlastita tehnologija te su temeljeni na umjetnoj inteligenciji i 3D viziji prostora. Oni su poznati po svome proizvodu pod nazivom “Trey” koji predstavlja autonomni viličar za utovar i istovar robe. Ovaj izum iznimno je koristan zbog sve većeg broja narudžbi i sve većeg nedostatka radnika u skladištima. Potpuno je prilagođen za rad među ljudima te potpuno autonomno utovaruje i istovaruje robu i time štedi preko 80% vremena zaposlenicima. Vozilo sadrži i softver koji automatski bilježi i provodi sve radne

processe unutar skladišta. Isto tako, ova kompanija osmislila je i proizvod “Casey” koji predstavlja autonomno rješenje za skladišni proces sakupljanja (eng. picking) paketa temeljen na umjetnoj inteligenciji i 3D viziji te softveru koji prati cijeli proces prikupljanja. Također, softver je moguće vrlo lako integrirati sa sustavima upravljanja skladištem, automatskim vratima te pametnim uređajima (Gideon).

Kao jedno od konstantno rastućih hrvatskih poduzeća ističe se i kompanija Rimac Automobili. Osnovana je 2009. godine kao vizija osnivača Mate Rimca o stvaranju visokokvalitetnih električnih automobila. Iz te vizije razvila se u jednu od najuspješnijih kompanija ove industrije. Poznata je po proizvodnji svojih električnih hiperautomobila sa značajkama autonomnosti. Osmislili su sustav pod nazivom “Driver Coach” koji funkcionira na temelju 9 ugrađenih kamera, korištenjem Lidar skenera, radara, senzora u sjedalima i 12 ultrazvučnih senzora. Sve ove vrste senzora procesuiraju velik broj podataka te ih šalju u ugrađeno superračunalo koje prikuplja do čak 6 terabajta (TB) podataka po satu. Sustav je osmišljen da u stvarnom vremenu analizira svoju okolinu i stanje vozila te izravno šalje povratnu informaciju vozaču putem audio i vizualnih uređaja. Isto tako, ovaj sustav povezan je putem interneta i automatski dijeli rezultate s drugim vozačima te tako stvara zajednicu “Driver Coach” vozača i dijeli rezultate težine različitih staza (Rimac Automobili).

S obzirom na to da sustavi autonomne vožnje još uvijek nisu dovoljno razvijeni za masovnu upotrebu, potrebno je dodatno usavršiti etičke i druge aspekte ovakvog tipa vožnje. Posljednjih godina, od pojave prvih oblika autonomne vožnje, zabilježene su razne prometne nesreće izazvane od strane autonomnog vozila, od kojih su neke završile tragično. Tako je jedna od prvih nesreća počinjena Teslinim vozilom, čiji sustav nije prepoznao kamion te je nesreća završena smrću vozača. Isto tako, 2018. godine Uber Volvo usmrtio je osobu koja je prelazila cestu te je zaključeno da vozač nije reagirao na vrijeme na upozorenja sustava autonomnog vozila. Stoga se povlači pitanje postavljanja određenih etičkih pravila za ponašanje u ovakvim specifičnim situacijama. Dakle, potrebno je odrediti granice između odgovornosti samoga vozača i autonomnog vozila, odnosno kompanije koja ga proizvodi. Npr. njemački etički kodeks nalaže da su vozači odgovorni za vlastita vozila, ali u slučaju autonomne vožnje svu krivicu snosi proizvođač automobila ili softvera koji upravlja vozilom (Bartneck i sur., 2021). Također, pitanje etičnosti pojavljuje se i za situacije kada vozilo ne može izbjeći nesreću jer se pred njime nalaze dvije “prepreke” te mora odlučiti koja će rezultirati manjom žrtvom, stoga takve situacije ne bi trebale biti na odluku vozila. Kao još jedno od negativnih strana autonomne

vožnje javlja se i povreda privatnosti korisnika, odnosno preuzimanja velikog broja podataka od strane sustava vozila koji sadrže podatke o korisniku i njegovoj lokaciji. Takve informacije su vrlo pouzdane te u slučaju hakerskih napada na sustav vozila, mogle bi biti preuzete. Dakle, to bi zahtijevalo povećanje sigurnosnih značajki sustava, a samim time bi spriječilo i hakerske napade na vozilo te preuzimanje kontrole nad istim tijekom vožnje, kao što se dogodilo 2015. godine nad vozilom marke Jeep. U raznim situacijama, osobito prometnim nesrećama, ponekad je potrebna intervencija čovjeka kako bi se iste spriječile, stoga je potrebno donijeti odluke koje će biti najpogodnije za korisnike ovakvih oblika vožnje. Ova i mnoga druga pitanja još uvijek nisu riješena kod potpuno autonomnih vozila te upravo zato ona nisu spremna za široku upotrebu, niti će biti još jedno vrijeme (Bartneck i sur., 2021).

3.3. Utjecaj na društvo

S obzirom na to da su vozila danas svakodnevno korištena sredstva od strane većine stanovništva, od iznimnog je utjecaja njihov razvoj u tehnologiji i pristupu samim korisnicima. Mnogi ljudi danas ovise o prijevoznim sredstvima jer drugačije ne mogu stići na vrijeme na posao ili neko drugo mjesto. Stoga, bilo kakve promjene u ovom segmentu od velikog su utjecaja na društvo. Kao što Othman (2022) ističe, autonomna vozila će u javnome prijevozu imati značajan utjecaj na korisnike jer će time smanjiti vrijeme čekanja i troškove te samim time potencijalno povećati interes korisnika za dodatnim putovanjima. Isto tako, pozitivno će utjecati i na pokrivenost teže dostupnih područja koja nemaju javnog prijevoza, kako bi pomogli prvenstveno starijim i nemoćnim osobama povezati se s urbanom sredinom. S druge strane, putovanje u autonomnim automobilima omogućit će ljudima produktivnije korištenje vremena tijekom putovanja na aktivnosti koje trebaju ili žele odraditi. S obzirom na to da će samovozeći automobili biti većim dijelom u stalnom pokretu, neće biti više tolike potrebe za parkinzima te će se smanjiti gužve na istima i potencijalno efikasnije iskoristiti prostor gdje ne bude više potrebe za parkingom. Naravno, uvođenjem ovakvih oblika vozila smanjit će se i zagađenost okoliša jer će se prijeći na potpuno električna vozila, koja su ekološki osviještena i reducirat će štetne plinove i potrošnju energije što je više moguće. Jedna od lošijih strana je to što postoji mogućnost da će se smanjiti broj ljudi potrebnih za rad u ovim industrijama jer neće biti tolike potrebe za npr. vozačima kamiona, autobusa, taksija i slično. No, posljednjih godina brojna su istraživanja dokazala da je smrtnost na cestama najvećim dijelom posljedica ljudskog upravljanja vozilom te je stopa smrtnosti u prometu sve veća i veća, upotreba autonomnih vozila trebala bi donijeti pozitivne pomake te smanjiti broj nesreća na cestama. Najveći problem

stvarat će implementacija samih autonomnih vozila u zemljama u razvoju i područjima s lošom signalizacijom, nedostatkom prometnih znakova te lošom prometnom infrastrukturom općenito.

Kim (2018) u svome dijelu napominje da još uvijek nije moguće predvidjeti hoće li veću korist od potpuno autonomnih vozila imati operateri ili proizvođači. Kao primjer navodi kompaniju Uber koja bi mogla ostvarivati veću zaradu zbog smanjenja troškova za plaće svojim vozačima. Isto tako, postoji mogućnost smanjene potražnje za automobilima i njihovom kupovinom i to čak za oko milijun automobila godišnje na američkom tržištu. Samim time smatra se da će kućanstva u prosjeku posjedovati tek jedno osobno vozilo jer će javni prijevoz autonomnim vozilima biti cjenovno pristupačan prosječnom građaninu zbog odbitka troškova rada vozača koji danas čine oko 50% u nekim taksi uslugama. Kim (2018) u svome djelu navodi utjecaje koje će imati samovozeći automobili, a koje je istaknuo Frey (2017): električna vozila utišat će “zvuk gradova” jer će se drastično smanjiti buka u istima te dodaje da će gradovi ostvarivati manje prihode smanjenjem raznih poreza vezanih uz vozila, kao što su porez na promet i porez na plin, te manjim prihodima od plaćanja parkinga i javnih garaža te od prekršaja izazvanih u prometu. Isto tako, povećat će se i potražnja za električnom energijom, ali smatra da bi ona bila savladiva, dok će se nafta cjenovno izmijeniti i sve će se više početi koristiti za proizvodnju električne energije. Također, napominje i porast u potražnji za litijem za baterije, iz kojih bi se naknadno mogao isti i reciklirati. Burns (2017) ističe kako će doći do velikih promjena u samim potrebama automobilskih tvrtki jer će se buduće poslovanje temeljiti na potpuno drugačijim tehnologijama te će sukladno tome zahtijevati i eksperte u tim područjima. Naime, neće više biti potrebe za promišljanjem o tome kako izraditi najučinkovitije pogonske sklopove s izgaranjem s niskim emisijama ili kako prilagoditi sami automobil vozaču, nego će se strategije bazirati na razvoju tehnologija poput strojnog učenja, fuzije senzora, kibernetičke sigurnosti, uspješnog provođenja raznih simulacija i slično.

3.4. Budućnost autonomnih vozila

S obzirom na to da se konstantno radi na unaprjeđenju tehnologije, posebice u području umjetne inteligencije, neupitno je da će sadašnji oblici autonomnih vozila doseći razinu potpune autonomnosti u skorijoj budućnosti. No, vrlo je bitno imati podršku budućih korisnika ovih vozila te pravodobno informirati iste o svim mogućnostima i funkcionalnostima koje ovakva vozila i ovakva vrsta vožnje nudi. Da bi to bilo moguće, potrebno je imati i eksperte u područjima umjetne inteligencije i ostalih povezanih tehnologija koja su ključna za razvoj ovih

vrsta vozila. Upravo zato Herrmann i sur. (2018) u svome djelu ističu važnost kulturne i organizacijske transformacije poslovanja tvrtki kako bi se podupiralo što veće obrazovanje o novim poslovnim modelima i razumijevanju ovakvih proizvoda. Kao ključan kriterij uspješnog poslovanja smatraju stvaranje digitalnih kompanija koje će transformirati svoje poslovanje i usmjeriti ga razvoju autonomnih vozila. Ideja mnogih država jest u narednim godinama ostvariti koncept “pametnih gradova” koji će imati integriranu inovativnu tehnologiju, poput raznih senzora pomoću kojih će samovozeći automobili jednostavnije funkcionirati te samim time i smanjiti gužve i zagađenost gradova. S obzirom na to da autonomna vozila ovise o ispravnoj prometnoj infrastrukturi, očekuju se dodatna ulaganja u postavljanje ispravnih prometnih znakova, označenost linija na cestama, dostupnost manjih mjesta na GPS-u, inteligentnih semafora, jačine interneta i ostale infrastrukture. Ova nadogradnja osobito je potrebna u zemljama u razvoju zbog slabije infrastrukture. Isto tako, trenutno se radi na velikom broju projekata vezanih za razvoj autonomnih vozila. Tako su u nekim gradovima pušteni u promet autonomni autobusi i taksiji te se u narednim godinama očekuje njihovo povećanje.

Tendencija jest izgraditi potpuno autonomna vozila budućnosti koja će biti prilagođena putnicima, a ne vozačima te će većina biti na električni pogon uz potrošnju energije iz različitih izvora. Isto tako, sve će se manje prodavati vozila te više neće biti najbitnija njihova cijena nego cijena usluge vožnje koju pružaju. Stoga će i dojam o samim automobilima biti temeljen više na iskustvu same vožnje nego na njegovom izgledu (Burns, 2017). Ove i ostale karakteristike dostupne su u tablici u nastavku:

Tablica 2 Usporedba sadašnjih oblika vozila sa vozilima budućnosti

SADAŠNJI OBLICI VOZILA	VOZILA BUDUĆNOSTI
Vozač je čovjek	Autonomnost
Pogon na izgaranje	Električni pogon
Nafta kao izvor energije	Razni izvori energije
Osobno vlasništvo	Prijevoz kao usluga
Vozila opće namjene	Prilagođena vozila
Dizajnirana za vozače	Dizajnirana za putnike
Optimizirana cijena vozila	Optimizirana cijena po kilometru
Atraktivnost automobila i kamiona	Dojam na temelju iskustva vožnje

Izvor: izrada autora prema Burns, L. D. (2017): *Autonomy: the New Age of Automobility* [e-publikacija]

Attias (2017) u svome djelu ističe da bi se budućnost u uporabi vozila mogla znatno promijeniti. Naime, tvrdi kako će se autonomna vozila započeti upotrebljavati zajednički od strane susjedstva, kvarta ili grada. Drugim riječima, usluge vožnje dijelit će određena kućanstva te

nijedno od njih neće biti vlasnik automobila nego će on biti isključivo u vlasništvu leasing kompanije. Ona će biti zaslužna za cjelokupno održavanje automobila, od osiguranja i registracije do upravljanja vremenom uporabe automobila. Korisnici će biti dužni jedino plaćati za usluge prijevoza sukladno vremenu provedenom u vozilu. Ovime bi se mogle dodatno osnažiti međuljudske veze i potencijalno stvoriti zajednice korisnika ovih usluga.

4. PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U AUTONOMNIM VOZILIMA

4.1. Procesi učenja autonomnih vozila

Proces učenja prikazat će se kroz simulaciju koristeći se unaprijed postavljenim cestovnim okruženjem te će metodama dubokog učenja autonomno vozilo samostalno učiti kako savladati prepreke koje su pred njega postavljene. Model prethodno nije istreniran na definiranim značajkama nego će samostalno izdvojiti ono što je za njega korisno i iz toga savladati proces obuke. S obzirom na to da je ovakva vrsta uvježbavanja automobila u stvarnom okruženju vrlo riskantna i skupa, korišten je mali automobil temeljen na Raspberry Pi-ju¹ u prilagođenom okruženju. Okruženje sadrži dvije vrste cesta od kojih je jedna jednostavnija, zaobljena, a druga sadrži razne prepreke poput semafora i putokaza te je kompliciranija jer se račva (OwaisAli Chishti i sur., 2018).

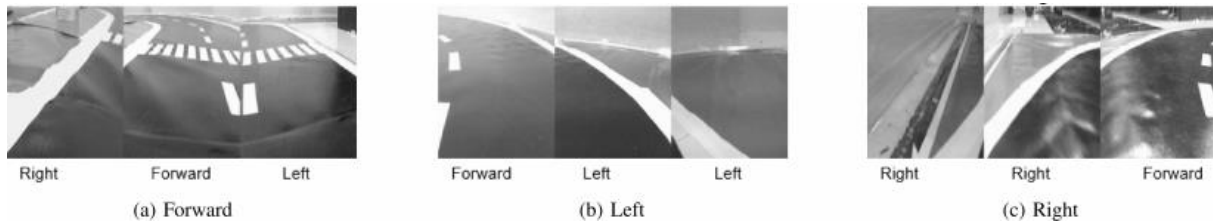
U ovoj simulaciji korištene su vanjske povratne informacije temeljene na skupovima podataka po kojima model uči raspoznavati okolinu i upotrijebiti stečeno znanje za buduće radnje. Ovi skupovi podataka nastali su iz fotografija kamera postavljenih na automobilu kojeg je vozio pravi vozač te opisuju svaku radnju koju je on poduzeo. Kod procesa učenja koristile su se metode obrađivanja fotografija nastalih u vožnji, umjetna inteligencija i strojno učenje. Autonomnost ovog vozila postiže se kroz nadzirano i pojačano učenje. Metoda nadziranog učenja koristi konvolucijsku neuronsku mrežu jer prilikom ekstrakcije, tj. izdvajanja, prikaza značajki putem povratnog širenja, ova vrsta mreže već raspoznaje određene karakteristike bitne za izvršenje zadatka. Nadzirano učenje koristi vanjske povratne informacije kako bi mapirao ulazne informacije u izlazne rezultate (OwaisAli Chishti i sur., 2018).

Nadzirano učenje započinje procesom predobrade slika (eng. Image Preprocessing). U ovoj simulaciji prikupljeno je 3025 uzoraka, od kojih 2420 slika čini uzorke za obuku modela, a preostalih 605 slika služi za testiranje. S obzirom na to da automobil u simulaciji može izvoditi tri radnje: vožnju naprijed, lijevo i desno, one čine duljinu izlazne klase. Izvorni formati slika su 320x240 te su u RGB obliku. Kao prvi proces predobrade, izvorni formati slika preoblikovani su u format 1x24x32 te se u tome obliku šalju u neuronsku mrežu zbog lakšeg

¹ „Raspberry Pi – jeftino računalo veličine kreditne kartice koje se priključuje na računalni monitor ili televizor, a koristi standardnu tipkovnicu i miš. Omogućuje ljudima svih dobi istraživanje računalstva i učenje programiranja u jezicima kao što su Scratch ili Python.” (Raspberry Pi Foundation)

učenja hiperparametara. Zatim slijedi ponovno skaliranje gdje se pikseli slika ponovno skaliraju na raspon 0-1. Zbog mogućih loših uvjeta osvjetljenja prilikom fotografiranja u vožnji, provodi se proces izjednačavanja histograma slike te se iste izglađuju (OwaisAli Chishti i sur., 2018). Nakon toga započinje proces označavanja slike koji je prikazan za svaku od tri radnje kroz sljedeće slike:

Slika 2 Primjer označavanja slike u procesu predobrade



Izvor: OwaisAli Chishti, S., Riaz, S., BilalZaib, M., Nauman, M. (2018): Self-Driving Cars Using CNN and Q-Learning, u: 2018 IEEE 21st International Multi-Topic Conference (INMIC), Karachi: IEEE

Na prvom prikazu kroz tri slike prikazana je vožnja prema naprijed, gdje oznake ispod svake slike predstavljaju smjer u kojem bi se automobil trebao kretati u određenoj situaciji pa je tako na prvom prikazu uočljivo da centralna kamera zahtijeva akciju vožnje unaprijed, lijeva vožnje udesno i desna kamera akciju vožnje ulijevo. Zaključak se donosi na temelju slika centralne kamere te je tako u preostala dva prikaza vidljivo da kada je centralna kamera previše udesno, ona zahtijeva akciju "Left" kako bi automobil u zavoju otišao ulijevo. Na zadnjem prikazu radi se o obrnutoj situaciji kada je centralna kamera previše lijevo pa je potrebno skrenuti udesno. Nakon procesa označavanja slika, potrebno je označiti klase, odnosno podatke pretvoriti u vektore brojeva. S obzirom na to da svaka klasa ima različit broj uzoraka, potrebno je odrediti pondere razreda kako bi svaka klasa imala jednak broj uzoraka prilikom obuke (OwaisAli Chishti i sur., 2018).

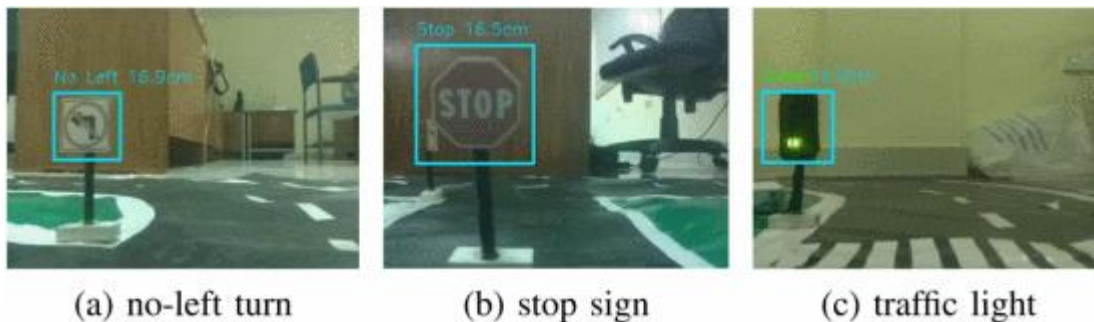
Budući da je potrebno predvidjeti najispravnije akcije koje automobil treba učiniti u određenoj situaciji, što se odrađuje klasifikacijom slika nastalih u vožnji, potrebno je koristiti i ispravan algoritam klasifikacije. U ovoj simulaciji korišten je tzv. Model konvolucijskih neuronskih mreža (CNN) zbog njegove učinkovitosti prilikom korištenja uzoraka i strukturnih informacija sa slika. Ovaj algoritam sadrži 15 slojeva od kojih 4 čine slojevi CNN-a te oko 20 000 parametara. Donio je rezultate od 73% točnosti u testiranju i 89% točnosti u obuci modela (OwaisAli Chishti i sur., 2018).

S druge strane, učenje dubokog pojačanja (eng. Deep Reinforcement Learning) kombinacija je metoda dubokoga i pojačanog učenja. Kod pojačanog učenja ne postoji vanjska povratna informacija te automobil uči iz vlastitog iskustva kako bi ispravno reagirao u određenim okolnostima. No, ova vrsta učenja koristi sustav nagrađivanja, odnosno kazne, s obzirom na specifičnost situacije u kojoj se automobil nalazi. To je korisno za ispravno donošenje odluka u budućim radnjama jer će automobil kontinuirano učiti na temelju dobivenih povratnih informacija o radnjama koje poduzima. Kao algoritam koristi se algoritam Q-učenja, poznatiji kao duboka Q-mreža, koji se temelji na neuronskoj mreži za usklađivanje nagrade s obzirom na stanje. Stoga se obuka samog modela temelji na predviđanjima neuronske mreže o vrijednosti nagrade za određene situacije. Tako se postavljaju nagrade s obzirom na okruženje, npr. ako automobil odradi ispravne radnje prilikom susreta s određenim prometnim znakom, manje nagrade za svaku uspješnu radnju te velike za ostvarenje cilja. No, isto tako postoje i kazne koje se dodjeljuju za svaki krivo provedeni korak. Isto tako, javlja se i faza tzv. Istraživanja ili iskorištavanja, gdje se npr. automobil počne zaustavljati kada procesuirao znak stop, pritom iskorištavajući to uzimanjem manjih nagrada i prestankom daljnjih radnji koje ga vode do prikupljanja velike nagrade za ostvareni cilj. Stoga se koristi tzv. epsilon stopa, odnosno postotak vremena u kojem će automobil radije poduzeti nasumične radnje nego radnje koje bi maksimizirale njegovu nagradu. U početku simulacije, automobil je više puta radio nasumične radnje te tako istraživao stazu, dok se s prolaskom vremena i smanjivanjem stope epsilon, smanjuje istraživanje i koriste naučene informacije iz sustava nagrađivanja. Također, koristi se i princip dodjeljivanja nagrade s popustom. Ona se koristi kada automobil izvede određenu akciju i za nju dobije nagradu te se time maksimalna nagrada za odrađeni krajnji cilj oduzima za vrijednost trenutne nagrade koja je prikupljena i tako se dobiju bolji rezultati istraživanja. U ovoj vrsti učenja vrlo je bitno razviti dobro pamćenje kako bi automobil na temelju iskustva koje pamti izvršavao sve buduće prepreke koje se pred njime nađu (OwaisAli Chishti i sur., 2018).

Jedna od najvažnijih značajki autonomne vožnje jest pravovremena detekcija i poštivanje prometnih znakova. Sukladno tome, u simulaciji su definirane određene nagrade i kazne za (ne)poštivanje znakova. Tako se automobil u slučaju zaustavljanja na znaku stop pozitivno nagrađuje, dok u slučaju nezaustavljanja kažnjava. S obzirom na to da postoji iznimno velik broj prometnih znakova koji se razlikuju po boji, obliku, tekstu i slično, naučiti automobil da raspoznaje svaki od njih dugotrajan je zadatak. U ovoj simulaciji korišteni su osnovni znakovi: stop, zabranjeno skretanje lijevo i semafor. Kako bi se ovi znakovi ispravno detektirali, korišten

je OpenCV² sa svojim kaskadnim klasifikatorima. Ovi klasifikatori predstavljaju binarne klasifikatore te se za njihovu obuku prikuplja 1800 pozitivnih slika s vidljivim prometnim znakovima na njima i 900 slika bez znakova koji se koriste kao negativni skup podataka. U slučaju semafora koristi se OpenCV detekcija boja po principu lokacije određene boje. Autonomni automobil prepoznaje prometni znak s velike udaljenosti, ali mora s točno određene udaljenosti donijeti odluku o postupanju sukladno znaku (OwaisAli Chishti i sur., 2018). Na sljedećem prikazu vidljive su testne verzije detekcije prometnih znakova:

Slika 3 Prikaz detekcije prometnih znakova sa OpenCV kaskadnim klasifikatorima



Izvor: OwaisAli Chishti, S., Riaz, S., BilalZaib, M., Nauman, M. (2018): Self-Driving Cars Using CNN and Q-Learning, u: 2018 IEEE 21st International Multi-Topic Conference (INMIC), Karachi: IEEE

4.2. Funkcionalnosti umjetne inteligencije u autonomnim vozilima

Postoje različite vrste sustava autonomnih vozila, ali sve one imaju za cilj osigurati ispravnu autonomnu navigaciju. Ona se dijeli na četiri dijela: percepcija, lokalizacija i mapiranje, planiranje puta i kontrola. Percepcija se odnosi na svjesnost vozila o vlastitom okruženju i preprekama koje su pred njega stavljene, a postiže se uporabom raznih senzora. Zadatak lokalizacije i mapiranja jest uspješno pozicionirati vozilo prema svjetskim koordinatama te na temelju okoline vozila izraditi kartu i uspješno pratiti lokaciju istog. Planiranje puta koristi rješenja percepcije, lokalizacije i mapiranja kako bi sugeriralo vozilu odabir najbolje opcije rute za dolazak do željene lokacije. Nakon odabrane rute, kontrola šalje potrebne vrijednosti poput ubrzanja, okretnog elementa i kuta upravljanja kako bi vozilo uspješno prešlo navedenu rutu. Također, postoje razmatranja o uspostavljanju veze između vozila međusobno te vozila i

² „OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – knjižnica je softvera za računalni vid i strojno učenje otvorenog koda. Napravljen je kako bi osigurao zajedničku infrastrukturu za aplikacije računalnog vida i ubrzao korištenje strojne percepcije u komercijalnim proizvodima.” (OpenCV)

infrastrukture, kako bi se stvorilo okruženje u kojem će vozilo moći predvidjeti moguće prepreke i događaje koji ga očekuju na putu (Fayyad i sur., 2020).

Možda i najbitniji zadatak jest odabir odgovarajuće grupe senzora i njihove optimalne konfiguracije. Oni su izrazito bitni elementi jer vozilu omogućuju da osjeti ono što ga okružuje. Svaki sustav autonomnih vozila mora imati senzore te radi bolje učinkovitosti suradnju više senzora njihovim spajanjem, odnosno fuzijom senzora (Fayyad i sur., 2020). U svome djelu, Sjafric (2020) ističe da postoje dvije osnovne vrste senzora, a to su aktivni i pasivni senzori. Pasivni senzori, poput kamera, funkcioniraju osjećajući energiju okoline, dok aktivni senzori, kao što su radari, emitiraju neki oblik energije u okolinu te zaprimaju i mjere reflektirane signale. Isto tako, vozilo mora sadržavati i senzore koji će mu mjeriti unutarnje stanje te njih nazivamo proprioceptivnim sensorima. S druge strane, senzori koji omogućuju vozilu da “vidi” okolinu nazivaju se eksteroceptivnim sensorima. Neki senzori se vrlo lako implementiraju u vozila jer je njihov zadatak obavljati isključivo određenu radnju, dok ostali senzori zahtijevaju upotrebu algoritama kako bi se ostvario njihov puni potencijal. Fayyad i sur. (2020) navode kako senzori imaju i razna ograničenja koja umanjuju vrijednost njihove izvedbe, poput niske razlučivosti senzora, proklizavanja kotača kod mjerenja kilometara te pogrešaka u očitanjima. Isto tako, na uspješnost izvedbe senzora izrazito utječu i uvjeti okoline u kojima se nalaze, kao što su loša osvjetljenost noću, prekidi veza u tunelima i šumama i slično. Stoga istraživači koriste razne kombinacije senzora i svojih istraživanja kako bi umanjili ova ograničenja. Tako su npr. sustavi temeljeni na viziji korišteni za raspoznavanje okoline vozila, ali ograničeni su jer ne dosežu određenu dubinu i ne funkcioniraju u lošim vremenskim uvjetima te se stoga oni kombiniraju s Lidar sustavom kako bi se ta ograničenja umanjila. Isto tako, termalne kamere koriste se uz pomoć Lidar sustava jer njihovo djelovanje nije povoljno u ekstremnim uvjetima te se kod procesa lokalizacije i mapiranja uz najčešće korišteni GPS sustav, najčešće koriste i neki drugi senzori kako bi se spriječili prekidi u signalu i slično. Korištenje takvih kombiniranih “outputa” kao što je više različitih senzora ili određenih algoritama kako bi se poboljšala izvedivost zadatka naziva se fuzija ili spajanje senzora. Postoje različite vrste kategorizacija fuzije senzora te ih jedna od njih dijeli u četiri kategorije: multimodalna, multitemporalna, multifokusna i multispektralna metoda spajanja senzora. Multimodalna metoda spaja dvije ili više različitih vrsta senzora, poput prethodno spomenute kombinacije spajanja kamera sa sustavom Lidar. Multitemporalna metoda prikuplja podatke iz istog senzora, ali u različito vrijeme te je najčešće korištena kod satelitskih prikaza Zemlje. Treću kategoriju čini multifokusna fuzija koja se koristi kod fotografiranja u različitim fokusima. Zadnja kategorija

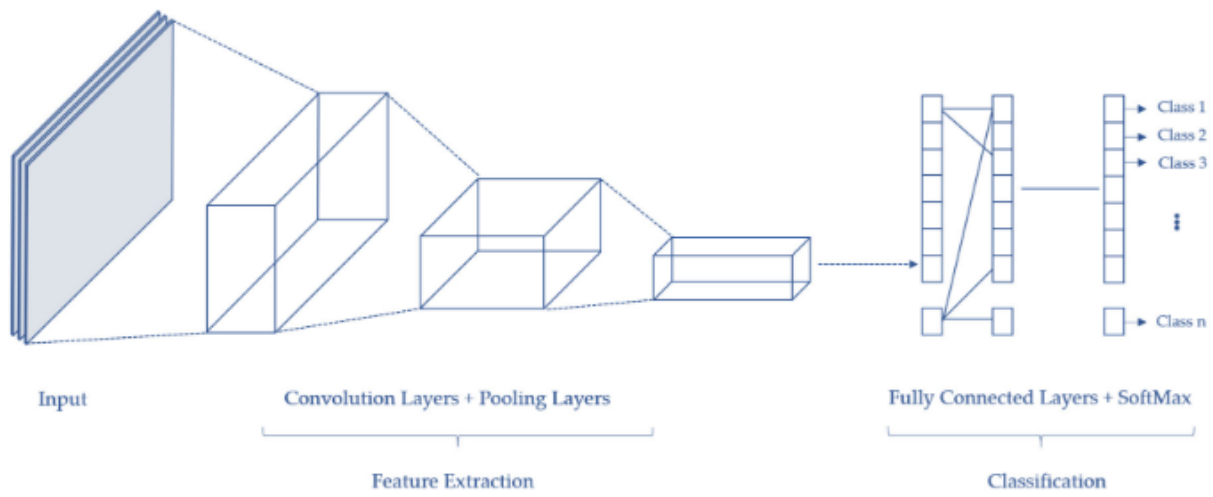
odnosi se na multispektralnu fuziju kod koje se slike zaprimaju sa senzora različitih valnih duljina, kao npr. RGB i termalne kamere. Ova metoda koristi se najčešće kod detekcije pješaka i objekata.

Fayyad i sur. (2020) ističu kako postoji pet najvažnijih dijelova okoline koji ju opisuju, a to su prepreke, cesta, ego vozilo, okoliš i vozač. Percepcija okoline vozila najčešće koristi senzore kao što su radar, Lidar te sustavi temeljeni na viziji. Stoga se koriste algoritmi detekcije koji koriste konvolucijsku neuronsku mrežu. No, prije toga koristili su se višeslojni perceptroni (MLP) koji su ponajviše bili potrebni kod klasifikacije i prepoznavanja slika. MLP se sastojao od ulaznog, skrivenog i izlaznog sloja te se nakon otkrića konvolucijskih neuronskih mreža prestao koristiti zbog brojnih ograničenja koja je imao. S druge strane, konvolucijska neuronska mreža (CNN) koristi konvoluciju pri obradi piksela u slikama. CNN je od svoga otkrića prošao dvije vrste detektora. Prvu vrstu karakterizirali su detektori s dvije faze (eng. two-stage detectors) koji su se sastojali od prijedloga regije te tek onda predviđanja. Primjeri ovih vrsta detektora su R-CNN, SPP-Net, Fast R-CNN i Faster R-CNN. Drugu vrstu činili su jednostupanjski detektori (eng. single-stage detectors) kod kojih se izravno provodi predviđanje, bez ikakvih stupnjeva prije toga. Primjeri ovakvih detektora su YOLO, SSD i DSSD.

Konvolucijska neuronska mreža (CNN) sastoji se od više slojeva: (Fayyad i sur., 2020)

- ulazni sloj (eng. input layer) – sadrži podatke ulazne slike
- konvolucijski slojevi (eng. convolution layers) – u ovom sloju provodi se konvolucija kako bi se izdvojile bitne značajke sa slike
- slojevi udruživanja (eng. pooling layers) – ovi slojevi smješteni su između dva konvolucijska sloja te služe za smanjenje troškova računanja
- potpuno povezani sloj (eng. fully connected layer) – klasifikator koji povezuje sve težine i neurone
- izlazni sloj (eng. output layer) – pohranjuje krajnji izlaz, što čini vjerojatnost klasifikacije (Fayyad i sur., 2020).

Slika 4 Slojevi u konvolucijskoj neuronskoj mreži (CNN) za detekciju i identifikaciju objekata



Izvor: Fayyad, J., Jaradat, M., Gruyer, D., Najjaran, H. (2020): Deep Learning Sensor Fusion for Autonomous Vehicle Perception and Localization: A Review, Sensors, 20(15), <https://doi.org/10.3390/s20154220>

Kod lokalizacije i mapiranja autonomnog vozila bitno je koristiti se algoritmima koji će ispravno locirati i navigirati vozilo unutar njegovog okruženja. Stoga se lokalizacija provodi pomoću većeg broja senzora, najčešće spajanjem nekih od njih. Isto tako, novija istraživanja teže izgradnji izravnog donošenja sveobuhvatnih odluka o vožnji. Ovaj pristup naziva se pristup refleksa ponašanja te ne zahtijeva provođenje faza lokalizacije i mapiranja, čime bi se sami proces ubrzao jer bi se nepotrebne informacije izostavljale (Fayyad i sur., 2020). U sljedećoj tablici prikazat će se tehnike lokalizacije i mapiranja:

Tablica 3 Usporedba tehnika lokalizacije i mapiranja

Metoda	Točnost	Trošak	Računalno opterećenje	Vanjski učinak	Veličina podataka
GPS/IMU	Niska	Srednji	Nisko	Ispad signala	Niska
GPS/INS/LiDAR/Camera	Visoka	Srednji	Srednje	Točnost karte	Visoka
SLAM	Visoka	Nizak	Visoko	Osvjetljenje	Visoka
Visual Odometry	Srednja	Nizak	Visoko	Osvjetljenje	Visoka
Map-Based Matching	Vrlo visoka	Srednji	Vrlo visoko	Promjena karte	Vrlo visoka

Izvor: izrada autora prema Fayyad, J., Jaradat, M., Gruyer, D., Najjaran, H. (2020): Deep Learning Sensor Fusion for Autonomous Vehicle Perception and Localization: A Review, Sensors, 20(15), <https://doi.org/10.3390/s20154220>

Najčešće korištena metoda lokalizacije je GNSS, koja se najčešće integrira s drugim sensorima, poput IMU senzora, kako bi prilikom ispada signala isti mogao zamijeniti. SLAM (eng. Simultaneous Localization and Mapping) predstavlja algoritam za izradu karte okoline autonomnog vozila pomoću senzora te u odnosu na nju prati položaj vozila. Vizualna odometrija (eng. Visual Odometry) odnosi se na proces u kojem se prati trenutni položaj vozila prikupljanjem slika tijekom vremena te se tako locira njegov položaj. Zadnja metoda, "Map-Based Matching", funkcionira po principu prikupljanja snimki okoline vozila prije vožnje te na temelju pohranjenih podataka moguće je locirati vozilo s visokom razinom točnosti. No, veliki nedostatak ove metode jest u tome što postoji potreba za čestim ažuriranjem podataka sukladno promjenama okoline (Fayyad i sur., 2020).

Santos Tancredi Molina i sur. (2017) napominju kako je za autonomna vozila vrlo važno da posjeduju sigurnosni sustav koji će upravljati u nepredviđenim situacijama. Naime, u većini dosadašnjih oblika vozila koji su tek dijelom autonomni, vozač mora preuzeti kontrolu nad vozilom u slučaju nepredviđenih situacija. Stoga je kod potpuno autonomnih vozila potrebno integrirati modul upravljanja autonomnim vozilom (eng. Autonomous Vehicle Control (AVC)), koji bi samostalno mogao obavljati funkcije vozača u autonomnom vozilu bez potrebe za ljudskom intervencijom. Ovaj modul odvojio bi operativni sloj (eng. Autonomous Vehicle Operation (AVO)) od zaštitnog sloja (eng. Autonomous Vehicle Protection (AVP)). Operativni sloj zadužen je za navigaciju vozila, odnosno direkciju smjera vožnje i točne brzine, dok bi zaštitni sloj nadzirao varijable sustava te reagirao u slučaju prekoračenja sigurnosnih propisa (npr. kod prekoračenja maksimalne dozvoljene brzine na cesti, smanjila bi se brzina vozila). Dakle, ovaj sigurnosni sustav potrebno je uskladiti s komponentama arhitekture autonomnog vozila (senzorima, percepcijom, planiranjem i kontrolom).

5. ISTRAŽIVANJE STAVOVA ISPITANIKA O AUTONOMNIM VOZILIMA

5.1. Metodologija istraživanja

U svrhu pisanja diplomskog rada, provedeno je primarno istraživanje putem anketnog upitnika. Cilj je ovog istraživanja ispitati stavove i preferencije ispitanika o autonomnim vozilima te istražiti mogućnost potencijalnog korištenja istih u budućnosti od strane ispitanika. Anketni upitnik proveden je putem google obrasca te je u potpunosti anonim. Pitanja su sastavljena po uzoru na istraživanje Sveučilišta u Michiganu provedenog u Sjedinjenim Američkim Državama, Australiji i Ujedinjenom Kraljevstvu (Schoettle i Sivak, 2014). Poveznica na anketni upitnik ispitanicima je prosljeđena putem društvenih mreža, privatnog komunikacijskog kanala IT kompanije u kojoj autor radi te slanjem na e-mail adrese. Podaci su se prikupljali u razdoblju od 20. lipnja 2022. do 10. srpnja 2022. godine. Odabrani uzorak ispitanika čine prvenstveno mladi ljudi, kako studenti, tako i oni zaposleni, jer se upravo od tog uzorka populacije očekuje da će najviše koristiti autonomna vozila te se najlakše prilagoditi novim uvjetima vožnje. Prvi dio pitanja odnosi se na osnovne informacije o ispitanicima te njihove trenutne preferencije prilikom odabira prijevoznog sredstva, dok se drugi dio pitanja temelji na njihovoj upoznatosti s pojmom autonomnih vozila i mišljenju o tome smatraju li ih pouzdanim i sigurnim prijevoznim sredstvima kojima bi se u budućnosti mogli koristiti. U ovom anketnom istraživanju sudjelovalo je 186 ispitanika, najvećim dijelom studenata i zaposlenih osoba visoke i srednje stručne spreme, koji posjeduju vozačku dozvolu ili su korisnici nekih drugih oblika prijevoznih sredstava.

S obzirom na to da ovo istraživanje ima za cilj preispitati upoznatost i mišljenje ispitanika o autonomnim vozilima, bitno je izdvojiti i hipoteze istraživanja jer su one od utjecaja na ciljeve:

1. Veliki udio ispitanika upoznat je s pojmom autonomnih vozila.
2. Veliki udio ispitanika nema povjerenja u autonomna vozila te iste ne bi koristilo.
3. Ispitanici većinski vjeruju da autonomna vozila u budućnosti ne mogu u potpunosti zamijeniti tradicionalne oblike vozila.

Prilikom provođenja ovoga tipa istraživanja vrlo je važno istaknuti i potencijalna ograničenja koja se mogu javljati. Kao jedno od najvećih ograničenja anketnog istraživanja javlja se pouzdanost ispunjenih informacija od strane ispitanika, odnosno jesu li svi ispitanici iskreno

ispunili anketu i može li ona biti odraz mišljenja većine stanovnika. Sukladno tome, javlja se i ograničenje prilikom pronalaska adekvatnih skupina ispitanika za provođenje istraživanja.

5.2. Rezultati istraživanja

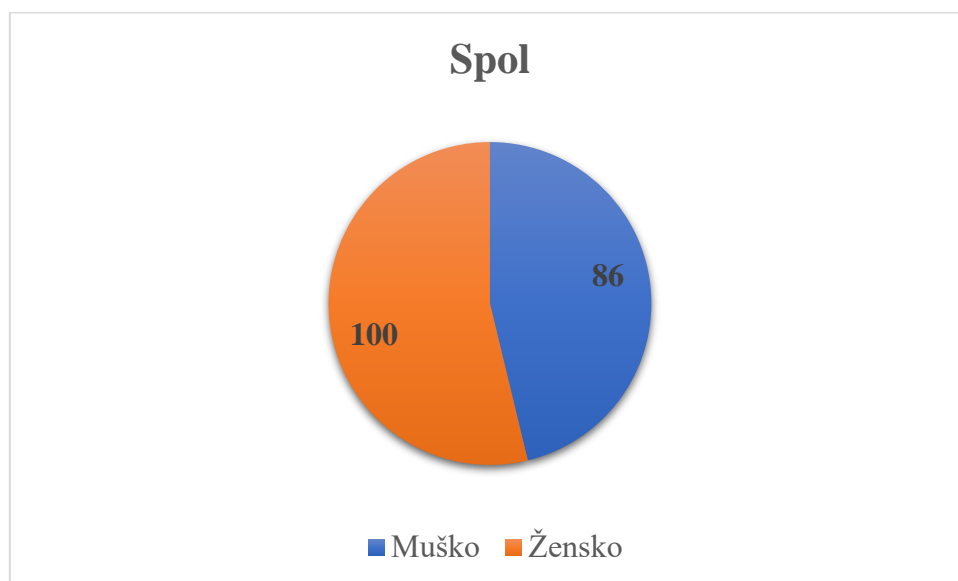
Anketno istraživanje pod nazivom “Istraživanje stavova ispitanika o autonomnim vozilima” provedeno je u periodu od 20. lipnja 2022. do 10. srpnja 2022. godine putem google obrasca. Istraživanje je provedeno kroz 17 pitanja sastavljenih tako da potkrijepe ciljeve istraživanja i postavljene hipoteze. Kroz 17 pitanja koristile su se 3 vrste pitanja: pitanja višestrukog odgovora gdje su ispitanici mogli odabrati isključivo jedan odgovor, potvrdni okviri kod kojih je bilo moguće odabrati više odgovora te upisati vlastiti odgovor, te mreža s višestrukim odabirom kod koje su ispitanici u svakom retku morali odgovoriti na isključivo jedan odgovor. 16 od 17 pitanja bila su obavezna za odgovoriti, bez kojih se obrazac ne bi mogao završiti. Anketu je anonimno ispunilo 186 ispitanika.

Struktura i rezultati svakog provedenog pitanja bit će prikazani u nastavku:

1. PITANJE: Spol

- a) Muško
- b) Žensko

Slika 5 Spol ispitanika



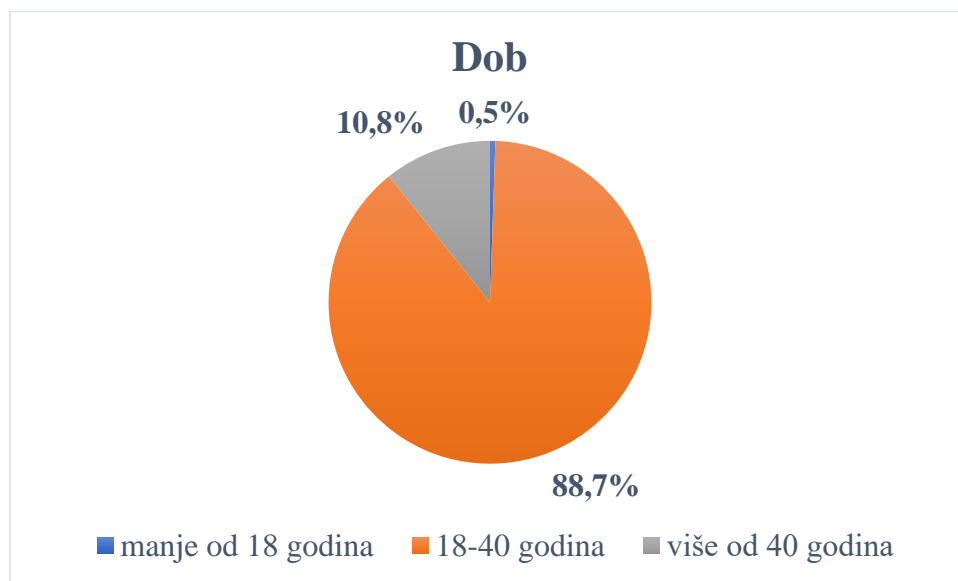
Izvor: izrada autora

Od ukupno 186 anonimno ispunjenih obrazaca, njih 100, odnosno 53,8%, ispunile su osobe ženskog spola, a preostalih 86 (46,2%) ispunile su osobe muškog spola.

2. PITANJE: Dob

- a) manje od 18 godina
- b) 18-40 godina
- c) više od 40 godina

Slika 6 Dob ispitanika



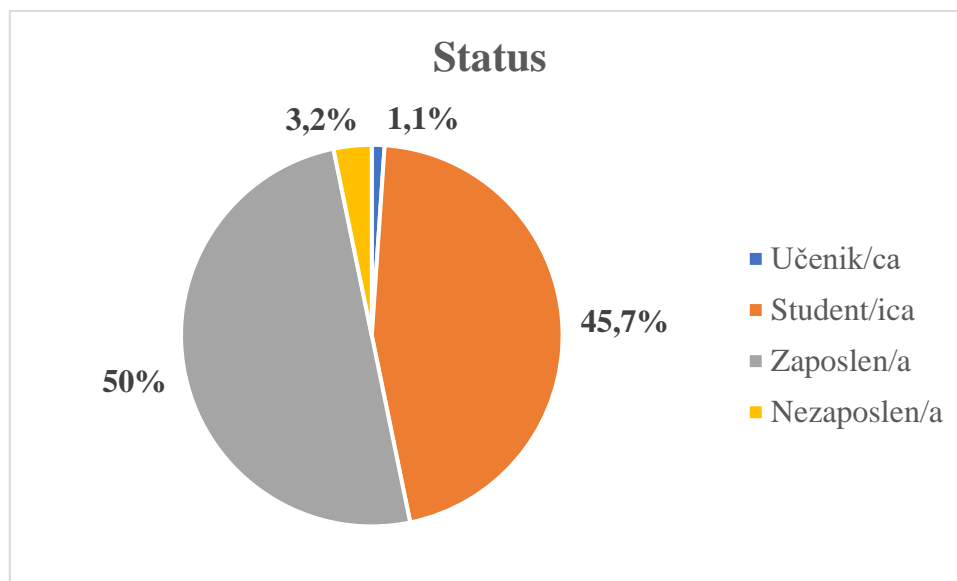
Izvor: izrada autora

Pitanje dobi ispitanika ovoga istraživanja podijeljeno je u tri razreda. S obzirom na to da mlađi od 18 godina trenutno nemaju vozačku dozvolu, stavljeni su u poseban razred. Zatim, punoljetne mlade osobe kod kojih postoji mogućnost posjedovanja vozačke dozvole te su s obzirom na godine (18-40 godina) u razredu koji će vrlo vjerojatno prilikom implementacije samovozećih vozila još uvijek biti vozno sposobni i posjedovati vozačku dozvolu. Zadnji razred čine stariji od 40 godina, koji su stavljeni u isti razred jer postoji mogućnost da neće više biti vozno sposobni prilikom implementacije samovozećih vozila. U ovome istraživanju sudjelovala je 1 osoba mlađa od 18 godina (0,5%), 165 osoba u dobi 18-40 godina (88,7%) te 20 osoba starijih od 40 godina (10,8%). Prema ovim podacima, istraživanje se većinski temelji na skupini ispitanika koja je najizglednija da će koristiti autonomna vozila te su isto tako bili u doticaju s tradicionalnim oblicima vožnje, što je potkrijepilo i ciljeve ove ankete.

3. PITANJE: Status

- a) Učenik/ca
- b) Student/ica
- c) Zaposlen/a
- d) Nezaposlen/a

Slika 7 Status ispitanika



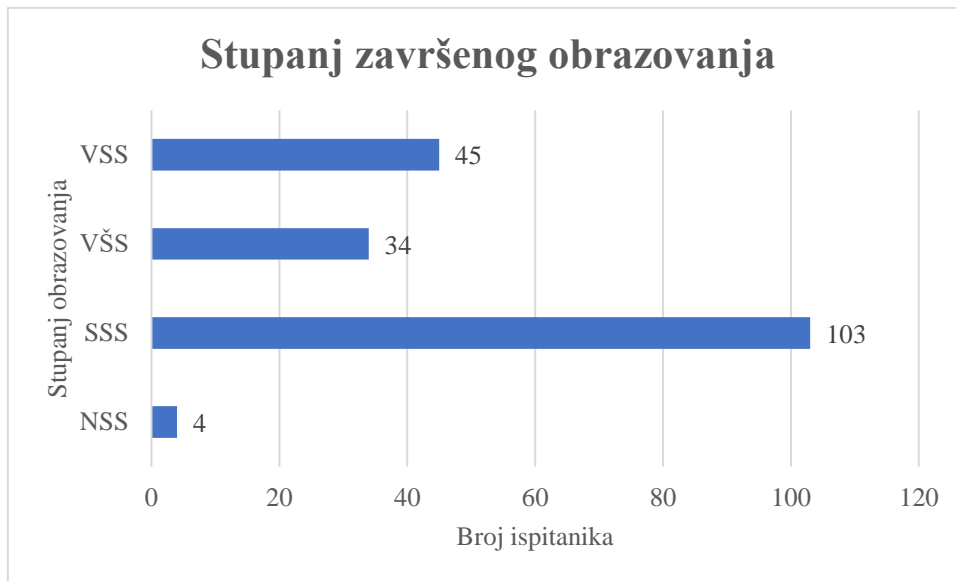
Izvor: izrada autora

Od ukupno 186 ispitanika, gotovo svi su u statusu studenata (njih 85) ili zaposlenih osoba (njih 93), dok preostale čine 6 nezaposlenih osoba i 2 u statusu učenika.

4. PITANJE: Stupanj završenog obrazovanja

- a) NSS
- b) SSS
- c) VŠS
- d) VSS

Slika 8 Stupanj završenog obrazovanja ispitanika



Izvor: izrada autora

Na prethodnom prikazu vidljiva je struktura stupnja završenog obrazovanja ispitanika: 4 osobe niske stručne spreme (NSS), 103 osobe srednje stručne spreme (SSS), 34 osobe više stručne spreme (VŠS) te 45 osoba visoke stručne spreme (VSS).

5. PITANJE: Posjedujete li vozačku dozvolu?

- a) Da
- b) Ne

Slika 9 Posjedovanje vozačke dozvole



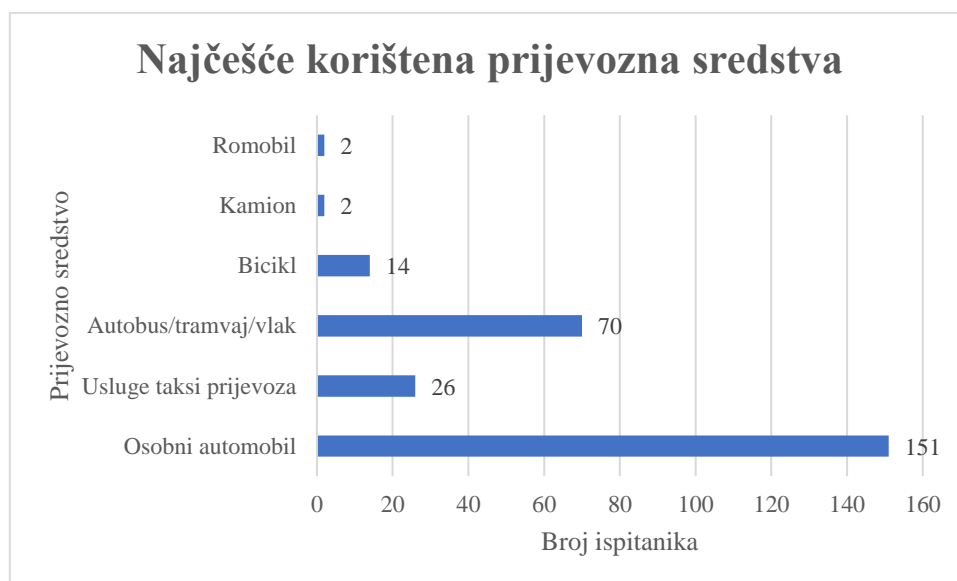
Izvor: izrada autora

Od ukupno 186 ispitanika, njih čak 168 (odnosno 90,3%) posjeduje vozačku dozvolu, dok preostalih 18 osoba (9,7%) istu ne posjeduje. S obzirom na to da je u istraživanju sudjelovala jedna maloljetna osoba, uz nju još 17 osoba ne posjeduje dozvolu. Ova informacija je vrlo bitna jer su većina ispitanika vozači, koji čine poželjnu skupinu ispitanika u ovakvoj vrsti istraživanja jer su najviše upoznati s vozilima te imaju iskustva u vožnji istih.

6. PITANJE: Koja prijevozna sredstva najčešće koristite?

- a) Osobni automobil
- b) Usluge taksi prijevoza
- c) Autobus/tramvaj/vlak
- d) Ostalo (ispitanicima je ponuđeno upisivanje vlastitih pojmova)

Slika 10 Najčešće korištena prijevozna sredstva



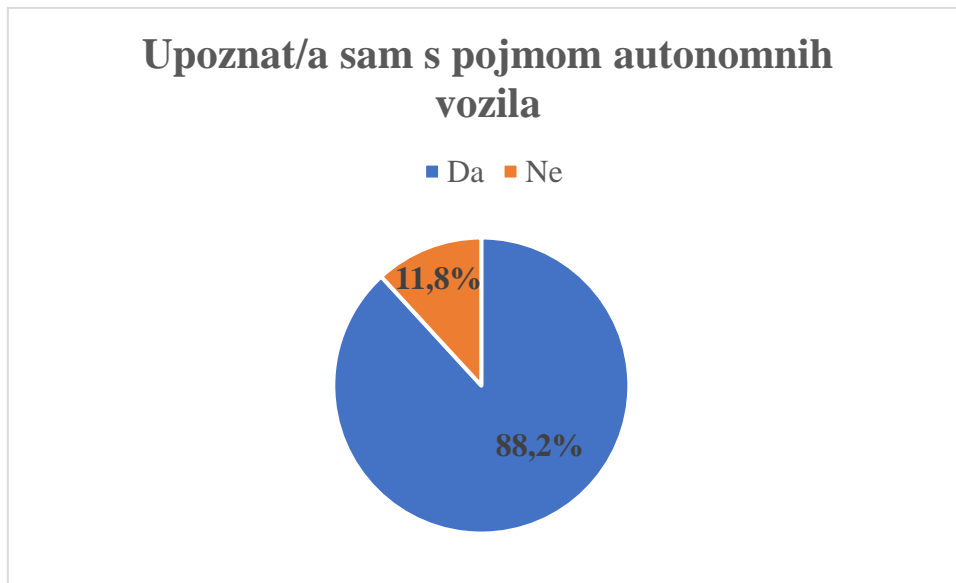
Izvor: izrada autora

Pitanje o najčešće korištenim prijevoznim sredstvima vrlo je bitno zbog toga što je prema tim podacima moguće uočiti koja prijevozna sredstva ispitanici preferiraju te ujedno u koja je vozila potrebno najviše ulagati i prilagoditi ih korisničkim potrebama. Ispitanicima su ponuđeni odgovori: osobni automobil, usluge taksi prijevoza, autobus/tramvaj/vlak te ostalo kao opcija unutar koje mogu upisati neko od vozila koje nije prethodno spomenuto. Isto tako, ispitanici su mogli odabrati više odgovora, a ne isključivo jedan. Kao rezultat, iz grafikona je vidljivo da je najviše korišteno vozilo osobni automobil (151 ispitanik), zatim autobus/tramvaj/vlak kao usluge javnog prijevoza (70 ispitanika) te usluge taksi prijevoza (26 ispitanika). Uza sve navedeno, ispitanici su dodali odgovore poput bicikla (14 ispitanika), kamiona (2 ispitanika) te romobila (2 ispitanika).

7. PITANJE: Jeste li ikada čuli za autonomna i/ili samovozeća vozila prije sudjelovanja u ovoj anketi?

- a) Da
- b) Ne

Slika 11 Upoznatost ispitanika s pojmom autonomnih vozila



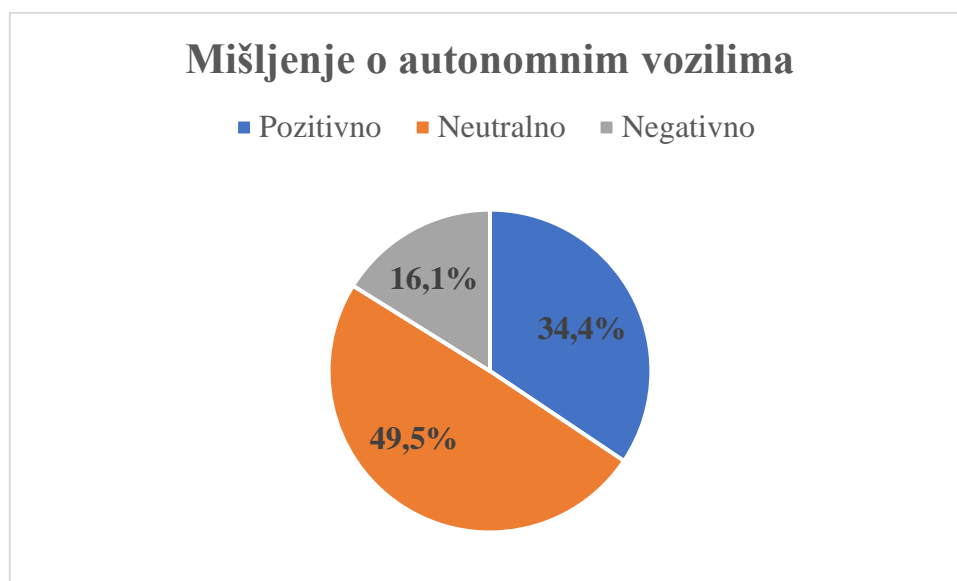
Izvor: izrada autora

Bez obzira što autonomna vozila nisu još uvijek u potpunosti poznata svima, mnogi su upoznati barem s nekim značajkama koje ona pružaju pa tako i imaju vozila određene razine autonomnosti. Stoga ne čudi da je 88,2% ispitanika (njih 164) prethodno čulo za autonomna vozila, dok preostalih 11,8% (njih 22) nije upoznato s ovim pojmom.

8. PITANJE: Kakvo je Vaše općenito mišljenje o autonomnim i samovozećim vozilima? (ukoliko niste ranije čuli za autonomna/samovozeća vozila, napišite svoje mišljenje na temelju opisa na početku ankete)

- a) Pozitivno
- b) Neutralno
- c) Negativno

Slika 12 Mišljenje ispitanika o autonomnim vozilima



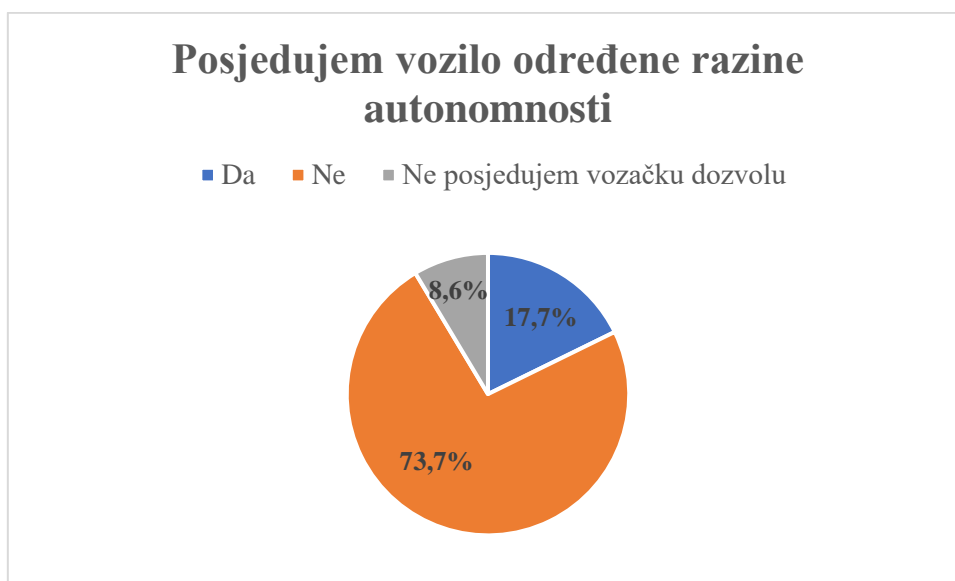
Izvor: izrada autora

Ispitanicima je u opisu ankete ukratko objašnjen pojam autonomnih vozila te u slučaju prethodnog nepoznavanja ovog područja, mogli su na temelju toga opisa odgovoriti na pitanje o njihovom mišljenju o autonomnim vozilima. Kao što je vidljivo na grafikonu iznad, čak 49,5% ispitanika je neutralno, što se također može pripisati nepoznavanju dovoljno informacija o autonomnim vozilima. Nadalje, 34,4% ispitanika pozitivno ocjenjuje autonomna vozila, dok njih 16,1% ima negativno mišljenje. Na temelju ovih rezultata moguće je zaključiti da su pozitivna mišljenja temeljena na prethodnom iskustvu korištenja vozila s određenom autonomnošću, dok negativna mišljenja mogu biti temeljena na lošem iskustvu ili nepoznavanju dovoljno informacija o ovim oblicima vozila te neslaganjem s implementacijom istih jer su zadovoljni s tradicionalnim oblicima vožnje.

9. PITANJE: Vozite li trenutno vozilo koje sadrži značajke autonomnosti? (odgovorite na temelju opisa na početku ankete)

- a) Da
- b) Ne
- c) Ne posjedujem vozačku dozvolu

Slika 13 Posjedovanje vozila određene razine autonomnosti



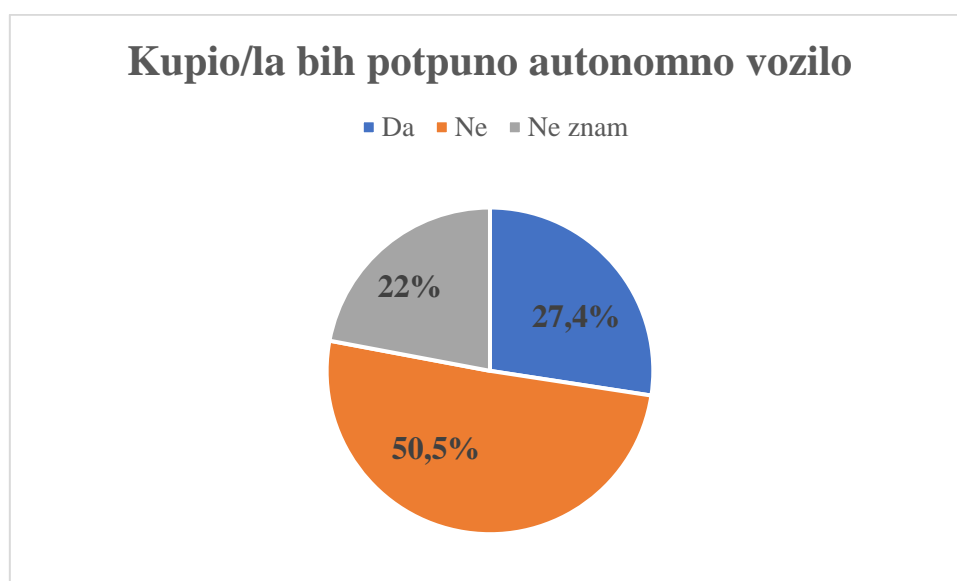
Izvor: izrada autora

Ispitanici su na temelju objašnjenja u opisu ankete trebali odgovoriti na pitanje voze li trenutno vozilo sa značajkama autonomnosti. Njih 73,7% odgovorilo je da ne vozi, dok je tek 17,7% ispitanika odgovorilo da vozi. No, postoji mogućnost da neki ispitanici nisu upoznati sa značajkama koje predstavljaju autonomnost vozila (npr. tempomat) te su negativno odgovorili na pitanje. Isto tako, na odgovor “Ne posjedujem vozačku dozvolu” odgovorilo je 8,6% ispitanika, odnosno njih 16, što se ne podudara s podacima iz pitanja “Posjedujete li vozačku dozvolu?” gdje ih je 18 odgovorilo negativno. Stoga postoji mogućnost da na ovo pitanje nije relevantno odgovoreno, ali vjerojatno ne bi bilo drastičnih promjena te bi na kraju poredak po odgovoru ostao isti.

10. PITANJE: Biste li kupili potpuno autonomno/samovozeće vozilo za osobnu upotrebu?

- a) Da
- b) Ne
- c) Ne znam

Slika 14 Spremnost na kupnju potpuno autonomnog vozila za osobnu upotrebu



Izvor: izrada autora

Iz gore prikazanog grafikona može se zaključiti da je više od pola ispitanika odgovorilo da ne bi htjelo kupiti potpuno autonomno vozilo za osobnu upotrebu. To bi se moglo pripisati nedovoljnoj informiranosti o autonomnim vozilima i pogodnostima koje takvi oblici vožnje nude te zadovoljstvom sadašnjim oblikom vožnje. Tek 27,4% ispitanika odgovorilo je potvrdno, odnosno da su spremni na kupnju ovakvih vozila. Preostalih 22% nije sigurno, također vjerojatno zbog nedovoljne informiranosti.

11. PITANJE: Ako je odgovor na prethodno pitanje "Ne", zašto? (ukoliko je "Da" ili "Ne znam" preskočite pitanje)

- a) Osjećam se sigurnije kada sam/a upravljam vozilom
- b) Nisam dovoljno informiran/a o autonomnim vozilima
- c) Ostalo (ispitanicima je ponuđeno upisivanje vlastitih pojmova)

Tablica 4 Razlozi ispitanika za odluku o neкупovini autonomnog vozila

ODGOVORI	BROJ ISPITANIKA
Osjećam se sigurnije kada sam/a upravljam vozilom	79
Nisam dovoljno informiran/a o autonomnim vozilima	16
Volim sam/a voziti	5
Iako radim kao programer, tehnologiji vjerujem samo do određene točke	1
Hrvatske ceste nisu dobar uvjet za takva vozila	1

Zadržavanje osjećaja kontrole	1
Ne zanima me "novi svijet" tehnologije	1
Ne želim biti robot	1

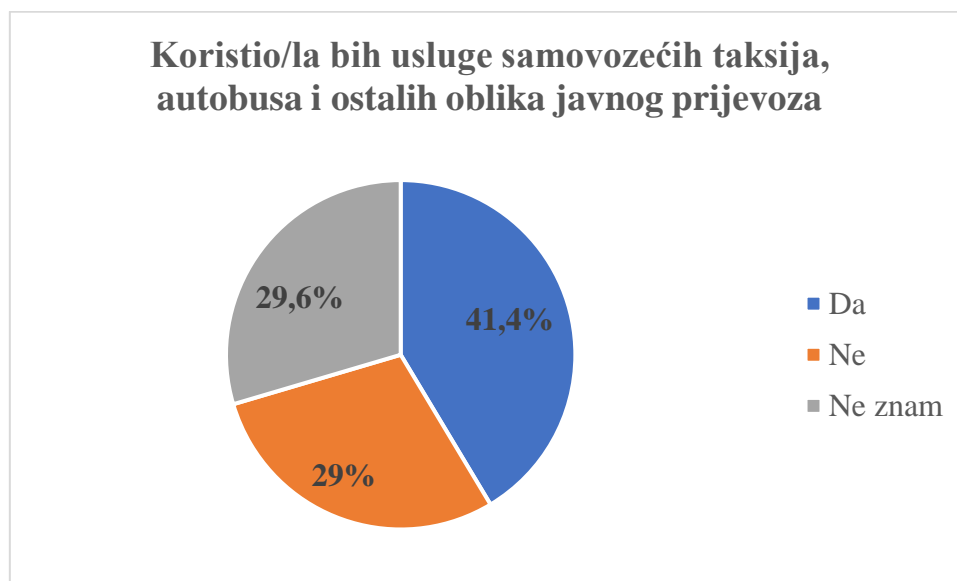
Izvor: izrada autora

Ovo pitanje jedino je u istraživanju bilo neobavezno za ispuniti. Ispitanicima su ponuđena dva odgovora te opcija ostalo gdje su mogli samostalno unijeti pojmove. Isto tako, korisnici su mogli odabrati više odgovora, a ne isključivo jedan. Zaprimito je 98 odgovora. Kao što je prikazano u tablici, najviše odgovora odnosi se na to da se ispitanici osjećaju sigurnije kada sami upravljaju vozilom te velik broj njih nije dovoljno informiran o samim autonomnim vozilima. Ispitanici su unijeli i samostalne odgovore poput toga da vole voziti i uživaju u tome, ne vjeruju dovoljno tehnologiji da bi joj prepustili potpuno upravljanje vožnjom, ne zanima ih tehnologija i njen daljnji razvoj, vole osjećaj kontrole nad vozilom te smatraju hrvatske ceste nedovoljno razvijenima za takve oblike vožnje.

12. PITANJE: Biste li koristili usluge samovozećih taksija, autobusa i ostalih oblika javnog prijevoza?

- a) Da
- b) Ne
- c) Ne znam

Slika 15 Odluka ispitanika o korištenju samovozećih oblika javnog prijevoza



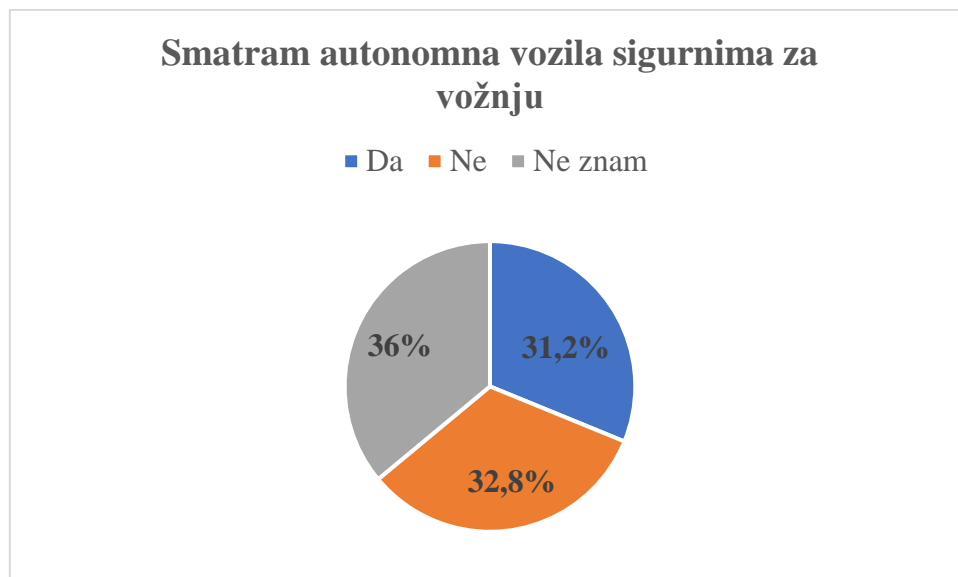
Izvor: izrada autora

Ispitanici su na pitanje o korištenju samovozećih usluga javnog prijevoza većinski odgovorili pozitivno, odnosno da bi 41,4% ispitanika koristilo taj oblik javnog prijevoza, dok njih 29% ne bi koristilo. Preostalih 29,6% je neodlučno. Zanimljivo je istaknuti da više od pola ispitanika ne bi kupilo samovozeće vozilo za osobnu upotrebu, dok bi samovozeće usluge javnog prijevoza većina htjela koristiti.

13. PITANJE: Smatrate li autonomna vozila sigurnima za vožnju?

- a) Da
- b) Ne
- c) Ne znam

Slika 16 Mišljenje ispitanika o tome jesu li autonomna vozila sigurna za vožnju



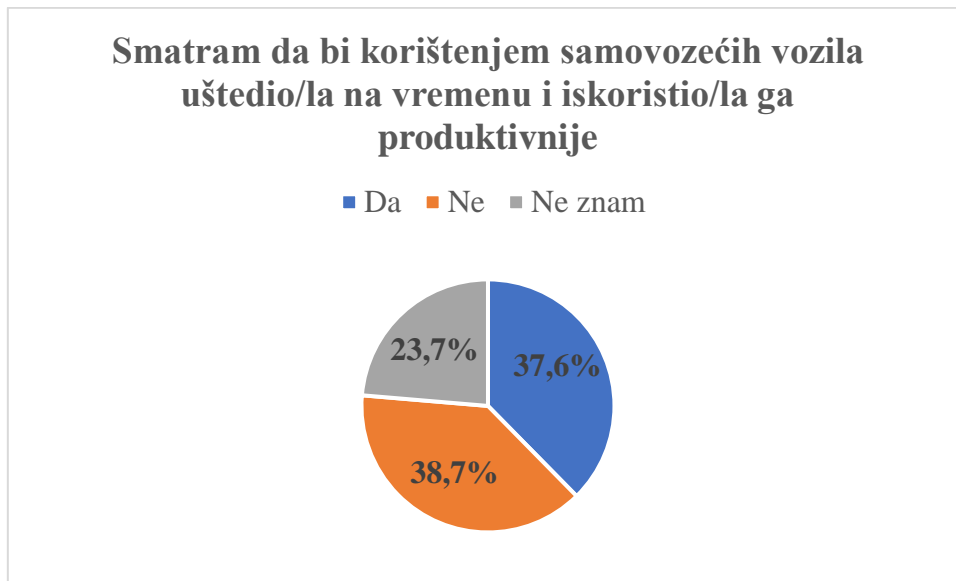
Izvor: izrada autora

Na ovo pitanje ispitanici su odgovorili podijeljeno. Otprilike isti broj ispitanika smatra i ne smatra autonomna vozila sigurnima za vožnju, dok je tek nešto više od toga neodlučno, tj. nisu dovoljno informirani da bi mogli adekvatno odgovoriti.

14. PITANJE: Smatrate li da bi korištenjem samovozećih vozila uštedjeli na vremenu i iskoristili ga na produktivniji način?

- a) Da
- b) Ne
- c) Ne znam

Slika 17 Mišljenje ispitanika o tome da bi korištenjem samovozećih vozila uštedjeli na vremenu



Izvor: izrada autora

Ovo pitanje također je donijelo podijeljene odgovore, odnosno tek je dvoje ispitanika više odgovorilo da smatra da ne bi uštedjeli na vremenu i produktivnije ga iskoristilo korištenjem samovozećih vozila. Ovo bi se moglo poistovjetiti i s korištenjem taksi usluga i javnog prijevoza danas, gdje korisnik također ne upravlja vozilom te bi mogao iskoristiti vrijeme provedeno u vožnji na produktivniji način. Stoga su se ispitanici vjerojatno vodili tim razmišljanjem, dok bi za dulje relacije odgovori bili drugačiji, odnosno veći broj ispitanika bi produktivnije iskoristio vrijeme.

15. PITANJE: Slažete li se da će pojava potpuno samovozećih vozila uzrokovati sljedeće prednosti:

Tablica 5 (Ne)slaganje ispitanika s prednostima samovozećih vozila

PREDNOSTI	Ne slažem se	Ne znam	Slažem se
Manji broj prometnih nesreća	22%	41,4%	36,6%
Brža reakcija u hitnim slučajevima (poput prometnih nesreća i slično)	23,1%	32,8%	44,1%
Manje gužve u prometu	32,3%	30%	39,8%
Kraće trajanje putovanja	35,5%	36%	28,5%
Manja zagađenost	21%	34,4%	44,6%
Veća sigurnost u prometu	26,3%	44,1%	29,6%

Izvor: izrada autora

U ovome pitanju ispitanicima je ponuđeno 6 prednosti samovozećih vozila te su za svaku prednost trebali odgovoriti smatraju li da će se korištenjem samovozećih vozila ta prednost ostvariti ili ne, ili pak ne mogu procijeniti. Kao što je prikazano u tablici, ispitanici su kao prednosti koje bi se mogle ostvariti većinski odabrali manji broj prometnih nesreća na cestama, brže reakcije u hitnim slučajevima, manje gužve u prometu te manju zagađenost. Kraće trajanje putovanja ispitanici većim dijelom ne smatraju prednošću koja bi mogla proizaći iz korištenja samovozećih vozila, dok veću sigurnost u prometu tek neznatno više ispitanika smatra prednošću. Isto tako, bitno je za istaknuti da za manji broj prometnih nesreća, kraće trajanje putovanja i veću sigurnost u prometu najveći broj ispitanika ipak je odabrao odgovor “Ne znam”, čime se može zaključiti da nisu sigurni hoće li računalo obavljati određene radnje bolje od čovjeka.

16. PITANJE: Što smatrate mogućim nedostacima samovozećih vozila?

- a) Česti kvarovi sustava ili opreme
- b) Hakerski napadi na sustav vozila
- c) Narušena privatnost podataka (praćenje lokacije i odredišta vožnje)
- d) Loša reakcija na sadašnje oblike vozila u prometu
- e) Loša reakcija na pješake i bicikliste u prometu
- f) Učenje korištenja samovozećih vozila predugo traje
- g) Loša reakcija autonomnih vozila na nepredviđene situacije i loše vremenske uvjete
- h) Ostalo (ispitanicima je ponuđeno upisivanje vlastitih pojmova)

Tablica 6 Nedostaci samovozećih vozila prema mišljenju ispitanika

ODGOVORI	BROJ ISPITANIKA
Česti kvarovi sustava ili opreme	91
Hakerski napadi na sustav vozila	124
Narušena privatnost podataka (praćenje lokacije i odredišta vožnje)	105
Loša reakcija na sadašnje oblike vozila u prometu	80
Loša reakcija na pješake i bicikliste u prometu	87
Učenje korištenja samovozećih vozila predugo traje	28
Loša reakcija autonomnih vozila na nepredviđene situacije i loše vremenske uvjete	129
Dugotrajnost samog vozila	1
Ne treba se nikad previše oslanjati na tehnologiju	1
Odlučivanje o tome koga treba spasiti u određenim situacijama (npr. kada je potrebno birati između putnika u vozilu i pješaka)	1

Presporo bi vozili jer bi vozili po ograničenju, a većina ljudi to ne radi	1
Neprepoznavanje prometnih znakova	1

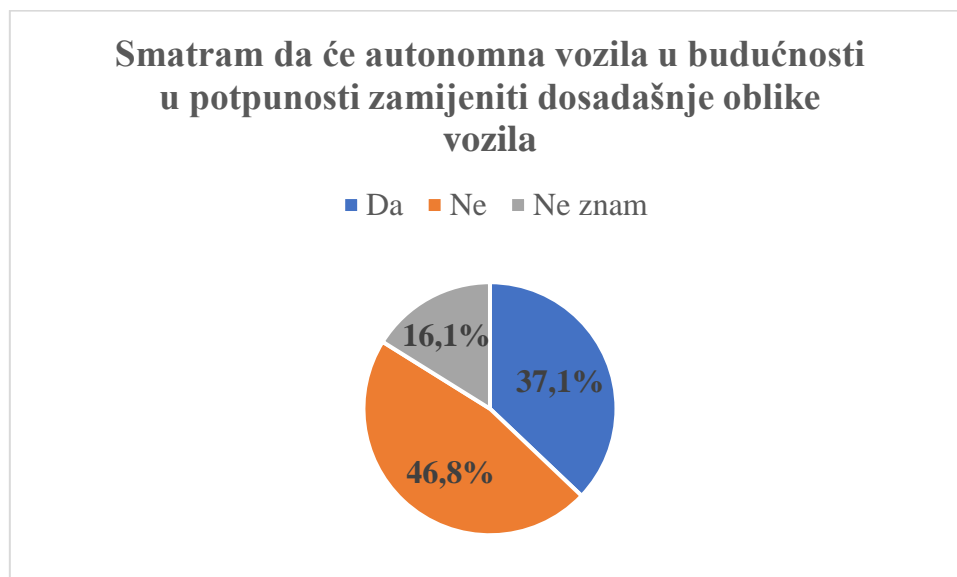
Izvor: izrada autora

Ispitanicima je u ovom pitanju bilo omogućeno odabiranje većeg broja odgovora te pod opcijom ostalo dodavanje vlastitih komentara. Kao najveće nedostatke samovozećih vozila smatraju moguće hakerske napade na sami sustav vozila te loša reakcija vozila na nepredviđene situacije i loše vremenske uvjete. Također, ispitanici su naveli i nedostatke prema vlastitom mišljenju, poput pitanja dugotrajnosti samog vozila, nesigurnosti kod oslanjanja na tehnologiju bez samostalne kontrole upravljanja, na koji način bi vozilo donosilo odluku koga treba spasiti u određenim situacijama, prespore vožnje te problema neprepoznavanja prometnih znakova.

17. PITANJE: Prema Vašem mišljenju, mogu li autonomna vozila u budućnosti u potpunosti zamijeniti dosadašnje oblike vozila?

- a) Da
- b) Ne
- c) Ne znam

Slika 18 Mišljenje ispitanika o tome hoće li autonomna vozila u potpunosti zamijeniti dosadašnje oblike vozila



Izvor: izrada autora

Gotovo pola ispitanika (njih 46,8%) smatra da autonomna vozila neće u budućnosti u potpunosti zamijeniti dosadašnje oblike vozila, dok 37,1% smatra da će se to dogoditi. Preostalih 16,1% ostalo je neodlučno.

5.3. Zaključak dobivenih rezultata

Na temelju provedenog istraživanja pod nazivom “Istraživanje stavova ispitanika o autonomnim vozilima” metodom anketnog upitnika na uzorku od 186 ispitanika donesen je zaključak da su hipoteze koje su na početku postavljene istinite. Rezultati su pokazali da je gotovo 90% ispitanika prethodno bilo upoznato s pojmom autonomnih vozila, što daje pozitivnu sliku jer prate najnovije trendove u tehnologiji i samim time pokazuju potencijalnu zainteresiranost u budućnosti za ove oblike vožnje. No, još uvijek postoji visoka razina neinformiranosti o samim autonomnim vozilima među populacijom, što se može vidjeti i prema navedenim razlozima zašto preko 50% ispitanika ne želi kupiti autonomno vozilo za osobnu upotrebu. S druge strane, veliki udio ispitanika voljan je koristiti autonomne oblike javnog prijevoza. Prema prethodno navedenim informacijama u ovome radu, ovo bi moglo voditi ka ostvarenju predviđanja raznih istraživača da će se u budućnosti smanjiti prodaja osobnih vozila te će se prijeći na autonomne oblike javnog prijevoza (poput autonomnog taksija koje bi jedan kvart ili grad međusobno dijelio). No, tradicionalne oblike vozila teško će biti u potpunosti “zaboraviti”, što i pokazuje anketa u kojoj gotovo 50% ispitanika smatra da autonomna vozila neće nikad u potpunosti zamijeniti dosadašnje oblike vozila. S obzirom na to da je veliki udio ispitanika upoznat s pojmom autonomnih vozila, ali prema rezultatima njih gotovo pola ima neutralno mišljenje o istima, potrebno je populaciju dodatno upoznati s detaljima autonomnosti. Veliki broj današnjih vozila ima značajke autonomnosti i posjeduje ih veliki udio populacije koja možda ni ne zna da su određene karakteristike njihovih automobila upravo autonomne. To dokazuje i istraživanje gdje je više od 70% ispitanika odgovorilo da njihovo vozilo nema značajke autonomnosti. Dodatno, najveći problem stvara nepovjerenje i nesigurnost u tehnologiju te strah od reagiranja autonomnih vozila u određenim situacijama, stoga bi bilo poželjno uvjeriti populaciju da je ovakav tip vožnje siguran.

6. ZAKLJUČAK

Područje umjetne inteligencije razvija se još od prvih desetljeća prošloga stoljeća. Istraživanjima raznih znanstvenika diljem svijeta njena primjena je napredovala do vrlo velikih razmjera. Tako se danas koristi u raznim industrijama, najčešće integrirana u računalne sustave raznih kompanija. Nju čine dva široka područja, a to su strojno i duboko učenje. Razne informatičke kompanije koriste se ovim metodama učenja, osobito strojnim učenjem. Strojno učenje poznatije je i češće korišteno područje čiji je cilj naučiti računalo da samostalno donosi odluke na temelju unaprijed označenih podataka, dok metoda dubokog učenja radi puno dublju analizu bez unaprijed označenih podataka. Duboko učenje još uvijek nije dovoljno razvijeno te se u manjem obujmu koristi u kompanijama.

Nedugo nakon pojave samog pojma umjetne inteligencije u svijetu, započela su i razna eksperimentiranja, pa tako i s automobilima. Potrebe za poboljšanjem određenih značajki automobila, dovele su do ideje o autonomnim vozilima. Ona predstavljaju vozila koja određene ili sve svoje funkcije obavljaju potpuno samostalno, bez potrebe za ljudskom intervencijom. Funkcioniraju pomoću raznih senzora koji metodama strojnog i dubokog učenja nastoje ostvariti da vozilo djeluje na ispravan način potpuno samostalno. Senzori omogućuju vozilu da djeluje poput vozača, prepoznajući svoju okolinu, prometne znakove, ostale sudionike u prometu i razne druge značajke. S obzirom na to da postoji velika razlika između vozila koje ima neku razinu autonomnosti (npr. sustav automatskog kočenja) i vozila koje je potpuno autonomno, postoji 6 razina autonomnosti koje se razlikuju u određenim karakteristikama. Trenutno u prometu nisu dostupna potpuno autonomna vozila za široku upotrebu jer se još uvijek rade brojna testiranja kako bi vozilo funkcioniralo na najbolji i najsigurniji mogući način za čovjeka. Postoje predviđanja da će se u narednim desetljećima sve više koristiti autonomna vozila, ne nužno kao osobna vozila svakoga čovjeka nego u većoj mjeri kao sredstva javnog prijevoza.

Istraživanje provedeno u ovome radu pokazalo je trenutnu informiranost ispitanika o autonomnim vozilima. Očekivano, ispitanici nisu još uvijek dovoljno informirani da bi donijeli sigurne odluke vezane uz autonomna vozila. Upravo zato veliki broj ispitanika još uvijek nije spreman na kupovinu i korištenje usluga autonomnih vozila jer nemaju povjerenja u ovakvu vrstu tehnologije gdje bi bili u potpunosti "u rukama" vozila. Napominju kako vole imati kontrolu nad vozilom te trenutno mnogi se od njih nisu spremni odreći toga osjećaja. Stoga je

vrlo bitno podići svijest populacije o prednostima koje nudi autonomni oblik vožnje kako bi se jednoga dana lakše prilagodili ovakvim oblicima vozila.

POPIS LITERATURE

1. Ajitha, P.V., Nagra, A. (2021): *An Overview of Artificial Intelligence in Automobile Industry – A Case Study on Tesla Cars* [e-publikacija], preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/349298066_An_Overview_of_Artificial_Intelligence_in_Automobile_Industry_-_A_Case_Study_on_Tesla_Cars
2. Attias, D. (2017): *The Automobile Revolution: Towards a New Electro-Mobility Paradigm*, Cham: Springer International Publishing
3. Bartneck, C., Lutge, C., Wagner, A., Welsh, S. (2021): *An Introduction to Ethics in Robotics and AI*, Cham: Springer Nature
4. Burns, L. D. (2017): *Autonomy: the New Age of Automobility* [e-publikacija], preuzeto s: <https://static1.squarespace.com/static/5cd5ca78840b169ab06cf103/t/5cf19835767b6700015e394b/1559337020299/SAE+New+Age+of+Automobility.pdf>
5. Dhawan, C. (2019): *Autonomous Vehicles Plus: A Critical Analysis of Challenges Delaying AV Nirvana*, FriesenPress
6. Ertel, W. (2017): *Introduction to Artificial Intelligence*, 2. izdanje, Cham: Springer International Publishing
7. Fayyad, J., Jaradat, M., Gruyer, D., Najjaran, H. (2020): Deep Learning Sensor Fusion for Autonomous Vehicle Perception and Localization: A Review, *Sensors*, 20(15), <https://doi.org/10.3390/s20154220>
8. Gideon Brothers (b.d.), *Autonomous Forklift*, preuzeto 15. svibnja 2022. s <https://www.gideon.ai/>
9. Haenlein, M., Kaplan, A. (2019): *A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence* [e-publikacija], preuzeto s: https://www.researchgate.net/publication/334539401_A_Brief_History_of_Artificial_Intelligence_On_the_Past_Present_and_Future_of_Artificial_Intelligence
10. Herrmann, A., Brenner, W., Stadler, R. (2018): *Autonomous Driving: How the Driverless Revolution Will Change the World*, 1. izdanje, Bingley: Emerald Group Publishing
11. Jarmai, K., Bollo, B. (2017): *Vehicle and Automotive Engineering*, Cham: Springer International Publishing
12. Kim, T. J. (2018): Automated Autonomous Vehicles: Prospects and Impacts on Society, *Journal of Transportation Technologies*, 8(3), 137-150, preuzeto s:

- <https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=84356&#abstract>
13. McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., Shannon, C. E. (1955): *A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*, Dartmouth College in Hanover, New Hampshire
 14. OpenCV, About, preuzeto 15. srpnja 2022. s <https://opencv.org/about/>
 15. Othman, K. (2022): Exploring the implications of autonomous vehicles: a comprehensive review, *Innovative Infrastructure Solutions*, 165(2022), <https://doi.org/10.1007/s41062-022-00763-6>
 16. OwaisAli Chishti, S., Riaz, S., BilalZaib, M., Nauman, M. (2018): Self-Driving Cars Using CNN and Q-Learning, u: *2018 IEEE 21st International Multi-Topic Conference (INMIC)*, Karachi: IEEE
 17. Pejić Bach, Mirjana (ur.), Spremić, Mario (ur.) (2020), Bosilj Vukšić, V., Čurko, K., Jaković, B., Milanović Glavan, Lj., Pejić Bach, M., Pivar, J., Spremić, M., Stjepić, A., Strugar, I., Varga, M., Vlahović, N., Srića, V., Suša Vugec, D., Zoroja, J. (2020): *Osnovne poslovne informatike*, Ekonomski fakultet - Zagreb, sveučilišni udžbenik, ISBN 978-953-346-122-9
 18. Putica, M. (2018): Umjetna inteligencija: Dvojbe suvremenoga razvoja, *Hum*, 13 (20), 198-213, preuzeto s: <https://hrcak.srce.hr/219733>
 19. Raspberry Pi Foundation, What is a Raspberry Pi, preuzeto 12. srpnja 2022. s <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>
 20. Rich, E. (1983): *Artificial Intelligence*, New York: McGraw-Hill
 21. Rimac Automobili (b.d.), Driver Coach, preuzeto 10. srpnja 2022. s <https://www.rimac-automobili.com/development/driver-coach/>
 22. Santos Tancredi Molina, C. B., de Almeida, J. R., Vismari, L. F., Gonzalez, R. I. R., Naufal, J. K., Camargo, J. (2017): Assuring Fully Autonomous Vehicles Safety by Design: The Autonomous Vehicle Control (AVC) Module Strategy, u: *2017 47th Annual IEEE/IFIP International Conference on Dependable Systems and Networks Workshops (DSN-W)*, Denver, CO: IEEE
 23. Schoettle, B., Sivak, M. (2014): *A Survey of Public Opinion about Autonomous and Self-Driving Vehicles in the U.S., the U.K., and Australia*, University of Michigan, USA
 24. Simons, R. (2020): *Driverless Cars, Urban Parking and Land Use*, Abingdon: Routledge
 25. Sjafrie, H. (2020): *Introduction To Self-Driving Vehicle Technology*, Boca Raton, FL: CRC Press

26. Spremić, M. (2017): *Digitalna transformacija poslovanja*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
27. Spremić, M. (2017): *Sigurnost i revizija informacijskih sustava u okruženju digitalne ekonomije*, Ekonomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
28. Taulli, T. (2019): *Artificial Intelligence Basics: A Non-Technical Introduction*, Monrovia, CA: Springer
29. Turing, A. M. (1950): *Computing Machinery and Intelligence*, Dordrecht: Springer
30. Warwick, K. (2012): *Artificial Intelligence: The Basics*, London: Routledge
31. Waymo (b.d.), Waymo One, preuzeto 9. srpnja 2022. s <https://waymo.com/waymo-one/>
32. Zanchin, B. C., Adamshuk, R., Santos, M. M., Collazos, K. S. (2017): On the instrumentation and classification of autonomous cars, u: *2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, Banff: IEEE

POPIS SLIKA

Slika 1 Pojednostavljena arhitektura mreže dubokog učenja.....	10
Slika 2 Primjer označavanja slike u procesu predobrade	21
Slika 3 Prikaz detekcije prometnih znakova sa OpenCV kaskadnim klasifikatorima	23
Slika 4 Slojevi u konvolucijskoj neuronskoj mreži (CNN) za detekciju i identifikaciju objekata	26
Slika 5 Spol ispitanika.....	29
Slika 6 Dob ispitanika	30
Slika 7 Status ispitanika	31
Slika 8 Stupanj završenog obrazovanja ispitanika	32
Slika 9 Posjedovanje vozačke dozvole.....	33
Slika 10 Najčešće korištena prijevozna sredstva.....	34
Slika 11 Upoznatost ispitanika s pojmom autonomnih vozila	35
Slika 12 Mišljenje ispitanika o autonomnim vozilima.....	36
Slika 13 Posjedovanje vozila određene razine autonomnosti	37
Slika 14 Spremnost na kupnju potpuno autonomnog vozila za osobnu upotrebu	38
Slika 15 Odluka ispitanika o korištenju samovozećih oblika javnog prijevoza.....	39
Slika 16 Mišljenje ispitanika o tome jesu li autonomna vozila sigurna za vožnju.....	40
Slika 17 Mišljenje ispitanika o tome da bi korištenjem samovozećih vozila uštedjeli na vremenu	41
Slika 18 Mišljenje ispitanika o tome hoće li autonomna vozila u potpunosti zamijeniti dosadašnje oblike vozila.....	43

POPIS TABLICA

Tablica 1 Razine automatizacije motornih vozila prilagođene SAE standardu	13
Tablica 2 Usporedba sadašnjih oblika vozila sa vozilima budućnosti	18
Tablica 3 Usporedba tehnika lokalizacije i mapiranja.....	26
Tablica 4 Razlozi ispitanika za odluku o neкупovini autonomnog vozila	38
Tablica 5 (Ne)slaganje ispitanika s prednostima samovozećih vozila	41
Tablica 6 Nedostaci samovozećih vozila prema mišljenju ispitanika	42

ŽIVOTOPIS AUTORA



LUKA OJVAN

O MENI

Student 5. godine Ekonomskog fakulteta Zagreb. Kroz razne studentske poslove stekao sam brojne vještine te sam motiviran dodatno ih razvijati.

KONTAKT PODACI

Mobitel: 099/742-4824
E-mail: luka.ojvan@gmail.com
LinkedIn:
<https://www.linkedin.com/in/luka-ojvan-a9ba61151/>

VJEŠTINE

- napredno poznavanje engleskog jezika i osnovno poznavanje njemačkog jezika
- izvrsno poznavanje MS Office alata
- poznavanje Google Workspace alata
- osnovno poznavanje sustava MySQL, Doctus, Bizagi Process Modeler, R Studio, MS Power Automate, Weka i Visual Studio
- osnovno poznavanje programskih jezika SQL i C#
- razvijene komunikacijske vještine
- timski rad
- organiziranost, marljivost, prilagodljivost
- vozačka dozvola: B
- Certifikati: Celonis Process Mining Fundamentals for Students, DataCamp Introduction to the Tidyverse

OBRAZOVANJE

Ekonomski fakultet Zagreb

Integrirani preddiplomski i diplomski studij Poslovne ekonomije, smjer: Menadžerska informatika (2017. - Trenutačno)

Srednja škola Dugo Selo

Opća gimnazija (2013. - 2017.)

RADNO ISKUSTVO

Student Annotator

Microblink d.o.o. (Travanj 2022. - Trenutačno)

Junior Student Annotator

Microblink d.o.o. (Studenj 2021. - Travanj 2022.)

- anotacija podataka na računima kroz tri procesa: označavanje linija, transkripcija i semantika, kao dio procesa Machine Learninga

Pripravnik u IT reviziji

Ernst & Young d.o.o. (Srpanj 2021. - Studeni 2021.)

- pregled općih IT kontrola kroz procese upravljanja promjenama, upravljanja korisničkim pristupom te upravljanja IT operacijama
- provođenje testova kontrola radi procjene usklađenosti s međunarodnim standardima, nacionalnim propisima i postojećim procedurama
- priprema izvještaja IT revizije na temelju pregledanog trenutnog stanja i utvrđenih nalaza

Helpdesk Agent

Hrvatska akademska i istraživačka mreža CARNET (Listopad 2020. - Srpanj 2021.)

- tehnička telefonska i e-mail podrška korisnicima

Customer Support Centre Generalist

IKEA Hrvatska d.o.o. (Travanj 2019. - Rujan 2020.)

- telefonska, e-mail i chat podrška kupcima
- obrada reklamacija

Radnik u dućanu

Kaufland Hrvatska k.d. (Studenj 2018. - Travanj 2019.)

- sortiranje i slaganje proizvoda u dućanu

Radnik u skladištu

DB Schenker d.o.o. (Kolovoz 2017. - Rujan 2018.)

- utovar, istovar i sortiranje robe u skladištu
- sezonski posao

PROJEKTI

Grow2CERT

Siječanj 2021. - Veljača 2021.

- korisničko testiranje platforme PiXi (platforma za prikupljanje, analizu i razmjenu podataka o računalno-sigurnosnim prijetnjama i incidentima) u sklopu Nacionalnog CERT-a

Podrška izdavanju e-Propusnica

Prosinac 2020.

- ispomoc od strane CARNET-a za telefonsku i e-mail podršku izdavanju e-Propusnica

Istraživanje stavova ispitanika o autonomnim vozilima

Ova je anketa u potpunosti anonimna te služi isključivo u svrhu pisanja diplomskog rada na Ekonomskom fakultetu Zagreb.

Cilj je ovog istraživanja ispitati stavove i preferencije ispitanika o autonomnim vozilima te istražiti mogućnost potencijalnog korištenja istih u budućnosti.

Pojam autonomnih vozila sve je učestaliji na tržištu, a odnosi se na vozila koja pomoću raznih senzora prepoznaju okolinu oko sebe te se kreću kroz nju uz vrlo malo ili u potpunosti bez ljudskog upravljanja. Autonomna vozila su ona u kojima barem neki aspekti sigurnosne kontrole (kao što su upravljanje, dodavanje gasa ili kočenje) rade bez izravnog utjecaja vozača. Primjeri tehnologija autonomnih vozila kreću se od onih koje se brinu o osnovnim funkcijama kao što je tempomat, do potpuno samovozećih vozila bez potrebe za ljudskim vozačem.

***Obavezno**

1. Spol *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

Muško

Žensko

2. Dob *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

manje od 18 godina

18-40 godina

više od 40 godina

3. Status *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Učenik/ca
 Student/ica
 Zaposlen/a
 Nezaposlen/a

4. Stupanj završenog obrazovanja *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- NSS
 SSS
 VŠS
 VSS

5. Posjedujete li vozačku dozvolu? *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Da
 Ne

6. Koja prijevozna sredstva najčešće koristite? *

Označite barem jedan od ponuđenih odgovora.

Odaberite sve točne odgovore.

- Osobni automobil
 Usluge taksi prijevoza
 Autobus/tramvaj/vlak
 Ostalo: _____

7. Jeste li ikada čuli za autonomna i/ili samovozeća vozila prije sudjelovanja u ovoj anketi? *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Da
 Ne

8. Kakvo je Vaše općenito mišljenje o autonomnim i samovozećim vozilima? (ukoliko niste ranije čuli za autonomna/samovozeća vozila, napišite svoje mišljenje na temelju opisa na početku ankete) *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Pozitivno
 Neutralno
 Negativno

9. Vozite li trenutno vozilo koje sadrži značajke autonomnosti? (odgovorite na temelju opisa na početku ankete) *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Da
 Ne
 Ne posjedujem vozačku dozvolu

10. Diste li kupiti potpuno autonomno/samovozeće vozilo za osobnu upotrebu? *
- Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Da
- Ne
- Ne znam

11. Ako je odgovor na prethodno pitanje "Ne", zašto? (ukoliko je "Da" ili "Ne znam" preskočite pitanje)

Označite barem jedan od ponuđenih odgovora.

Odaberite sve točne odgovore.

- Osjećam se sigurnije kada sam/a upravljam vozilom
- Nisam dovoljno informiran/a o autonomnim vozilima
- Ostalo: _____

12. Diste li koristili usluge samovozećih taksija, autobusa i ostalih oblika javnog prijevoza? *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Da
- Ne
- Ne znam

13. Smatrate li autonomna vozila sigurnima za vožnju? *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Da
- Ne
- Ne znam

14. Smatrate li da bi korištenjem samovozećih vozila uštedjeli na vremenu i iskoristili ga na produktivniji način? *

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Da
 Ne
 Ne znam

15. Slažete li se da će pojava potpuno samovozećih vozila uzrokovati sljedeće prednosti: *

Označite jedan odgovor po retku.

Označite samo jedan oval po retku.

	Ne slažem se	Ne znam	Slažem se
Manji broj prometnih nesreća	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Brža reakcija u hitnim slučajevima (poput prometnih nesreća i slično)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manje gužve u prometu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kraće trajanje putovanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Manja zagađenost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Veća sigurnost u prometu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

16. Što smatrate mogućim nedostacima samovozećih vozila? *

Označite barem jedan od ponuđenih odgovora.

Odaberite sve točne odgovore.

- Česti kvarovi sustava ili opreme
- Hakerski napadi na sustav vozila
- Narušena privatnost podataka (praćenje lokacije i odredišta vožnje)
- Loša reakcija na sadašnje oblike vozila u prometu
- Loša reakcija na pješake i bicikliste u prometu
- Učenje korištenja samovozećih vozila predugo traje
- Loša reakcija autonomnih vozila na nepredviđene situacije i loše vremenske uvjete
- Ostalo: _____

17. Prema Vašem mišljenju, mogu li autonomna vozila u budućnosti u potpunosti * zamijeniti dosadašnje oblike vozila?

Označite samo jedan od ponuđenih odgovora.

Označite samo jedan oval.

- Da
- Ne
- Ne znam

Google nije izradio niti podržava ovaj sadržaj.

Google OBRASCI