

UNIVERZITET UNION  
RAČUNARSKI FAKULTET

DIPLOMSKI RAD

na temu

---

Primena računarstva u razvoju samovozećih  
vozila i njihov uticaj na svet i društvo

---

Student:

Vojin Pupavac

Mentor:

dr Dušan Vujošević

Beograd, oktobar 2019.

# Sadržaj

|       |                                                    |    |
|-------|----------------------------------------------------|----|
| 1     | Kratka istorija transporta ljudi i dobara .....    | 6  |
| 1.1   | Kratka istorija automobilske industrije .....      | 6  |
| 2     | Bezbednost motornih vozila .....                   | 8  |
| 2.1   | Sigurnosni pojas .....                             | 8  |
| 2.2   | Paradoks sigurnosih izuma .....                    | 8  |
| 2.3   | Senzori u automobilima .....                       | 9  |
| 2.4   | Tempomat .....                                     | 10 |
| 2.5   | Parking senzori .....                              | 10 |
| 3     | Samovozeći automobili.....                         | 12 |
| 3.1   | Istorija samovozećih automobila .....              | 12 |
| 3.2   | Nivoi autonomije samovozećih vozila.....           | 13 |
| 4     | Igrači na tržištu i njihove strategije .....       | 15 |
| 4.1   | Vejmo kompanija .....                              | 15 |
| 4.1.1 | Istorija kompanije Vejmo .....                     | 15 |
| 4.1.2 | Tehnološki razvoj kompanije Vejmo .....            | 15 |
| 4.1.3 | Testiranje samovozećih automobila na ulicama ..... | 16 |
| 4.1.4 | Nesreće prouzrokovane Vejmovim autopilotom .....   | 16 |
| 4.1.5 | Komercijalizacija proizvoda.....                   | 17 |
| 4.2   | Kompanija Tesla .....                              | 18 |
| 4.2.1 | Istorija kompanije Tesla .....                     | 18 |
| 4.2.2 | Tehnološki razvoj kompanije Tesla .....            | 18 |
| 4.2.3 | Nesreće prouzrokovane Teslinim autopilotom .....   | 19 |
| 4.3   | Kompanija Uber.....                                | 20 |
| 4.3.1 | Istorija kompanije Uber .....                      | 20 |
| 4.3.2 | Tehnološki razvoj kompanije Uber .....             | 20 |
| 4.3.3 | Nesreće prouzrokovane Uberovim autopilotom .....   | 20 |

|        |                                                                             |    |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 5      | Dobre strane samovozećih automobila.....                                    | 22 |
| 5.1    | Saobraćajne nesreće .....                                                   | 22 |
| 5.2    | Optimalno ubrzavanje i zaustavljanje vozila (ekološka karakteristika) ..... | 24 |
| 5.3    | Sinhronizovana promena brzine kretanja .....                                | 25 |
| 5.4    | Parkiranje .....                                                            | 26 |
| 5.4.1  | Samostalno uparkiravanje .....                                              | 26 |
| 5.4.2  | Pronalaženje parking mesta.....                                             | 26 |
| 5.4.3  | Parkiniranje isključivo na periferiji.....                                  | 27 |
| 5.4.4  | Optimizovanje da bi se izbeglo parkiranje.....                              | 28 |
| 5.5    | Saobraćajna signalizacija .....                                             | 29 |
| 5.5.1  | Semafori.....                                                               | 29 |
| 5.5.2  | Svet bez saobraćajne signalizacije namenjene vozačima .....                 | 29 |
| 5.6    | Veća mobilnost za sve grupe ljudi.....                                      | 30 |
| 5.6.1  | Deca .....                                                                  | 30 |
| 5.6.2  | Penzioneri .....                                                            | 30 |
| 5.6.3  | Ljudi bez vozačkih dozvola .....                                            | 30 |
| 5.6.4  | Osobe sa invaliditetom .....                                                | 31 |
| 5.6.5  | Osobe sa posebnim potrebama.....                                            | 31 |
| 5.7    | Bahata vožnja i divlji vozači .....                                         | 32 |
| 5.8    | Kvalitetnije korišćenje vremena .....                                       | 33 |
| 5.9    | Usluge na točkovima .....                                                   | 34 |
| 5.10   | Navigacioni sistemi.....                                                    | 35 |
| 5.10.1 | Rasterećenje trase .....                                                    | 35 |
| 5.11   | Službe hitnih intervencija .....                                            | 36 |
| 6      | Potencijalne loše strane samovozećih automobila .....                       | 37 |
| 6.1    | Sudski sporovi.....                                                         | 37 |
| 6.2    | Hakerski napadi .....                                                       | 38 |
| 6.3    | Nepotrebnost radne snage i prekvalifikacije .....                           | 39 |

|       |                                                       |    |
|-------|-------------------------------------------------------|----|
| 6.4   | Prirodne katastrofe .....                             | 40 |
| 6.5   | Ljudska signalizacija.....                            | 41 |
| 7     | Kako zapravo rade samovozeći automobili .....         | 42 |
| 7.1   | Računarski vid (Computer Vision) .....                | 43 |
| 7.1.1 | Prepoznavanje objekata .....                          | 44 |
| 7.1.2 | Označavanje podataka.....                             | 46 |
| 7.2   | Fuzija senzora (Sensor Fusion) .....                  | 47 |
| 7.3   | Lokalizovanje (Localization) .....                    | 48 |
| 7.4   | Planiranje puta (Path planning) .....                 | 48 |
| 7.4.1 | Planiranje globalne rute kretanja .....               | 48 |
| 7.4.2 | Planiranje lokalne rute kretanja .....                | 48 |
| 7.4.3 | Izbegavanje prepreka i sudara .....                   | 49 |
| 7.5   | Upravljanje vozilom (Control) .....                   | 50 |
| 8     | Algoritmi za izbegavanje prepreka na putu (A *) ..... | 51 |
| 8.1   | Istorija A* algoritma .....                           | 51 |
| 8.2   | Opis rada algoritma .....                             | 51 |
| 8.3   | Pseudo kod .....                                      | 51 |
| 9     | Automobili budućnosti .....                           | 53 |
| 10    | Zaključak.....                                        | 54 |
| 11    | Literatura.....                                       | 56 |

Kandidat: Vojin Pupavac  
 Broj Indeksa: RN04/15  
 Naslov: Primena računarstva u razvoju samovozećih  
 vozila i njihov uticaj na svet i društvo  
 Mentor: dr Dušan Vujošević  
 Članovi Komisije: dr Petar Bojović

## Apstrakt

U ovom diplomskom radu je analiziran uticaj samovozećih električnih vozila na svet i društvo. Rad prati promene i načine na koje su automobili bili usavršavani i kako je došlo do njihovih inovacija. Poseban fokus se pridaje nastanku ideje i načina realizacije samovozećih funkcionalnosti kod vozila. Detaljno su analizirane velike kompanije koje rade na razvoju samovozećih automobila i njihove strategije za novonastale tehnologije. Detaljno se opisuju dobre i loše strane samovozećih automobila koje će imati po svet i društvo. Opisuje se šta je bio preduslov za nagli rast i razvoj samovozećih automobila, kao i koji su to skupovi sistema neophodni da bi samovozeća vozila mogla da se kreću. A Zvezda algoritam je detaljnije opisan. Ceo rad je završen sa pretpostavkom kako će samovozeći automobili u budućnosti izgledati. Glavni cilj rada je da napravi hipoteze o načinima na koje će autonomna vozila transformisati našu budućnost, detaljno analizirajući različite grane industrija i potencijalne korake kojima će se tako nešto postići.

# 1 Kratka istorija transporta ljudi i dobara

Najznačajniji izum koji je omogućio ljudima lakši transport je točak. Prvi točak je nastao 3500 godina pre nove ere. Pre nastanka prvog točka ljudi su obavljali poslove uz pomoć životinja. Točak je omogućio ljudima izgradnju prvih kolica. Kolica su smanjila opterećenje koje trpe životinje, tako što se veći deo tereta prenosi na osovine i točkove kolica. Na taj način su životinje bile sposobne da sa manje napora prenose veći teret. Kako je vreme prolazilo, ljudi su postajali sve bolji u izgradnji točkova, kolica i kočija. Domaće životinje poput magaraca, kamila i konja su bile najčeće vučno sredstvo i vršile su gotovo sav transport ljudi i dobara na kopnenoj teritoriji. [1]

## 1.1 Kratka istorija automobilske industrije

Prvi automobil nastao je u Nemačkoj tokom 1880-tih godina. Masovnu produkciju i drastičan pad cene automobili doživljavaju početkom dvadesetog veka. Henri Ford je promenio način proizvodnje automobila uvođenjem proizvodnih traka. Pre uvođenja proizvodnih traka, postojale su grupe ljudi koje su zajedno, svaka za sebe, sklapale automobile od početka do kraja. Nakon što su proizvodne trake uvedene, automobil bi krenuo kao karoserija sa početka trake, a kada bi došao do samog kraja, bio bi potpuno sastavljen, odnosno spreman za rad. Na takav način, svaki zaposleni se usavršavao samo za jedan mali segment proizvodnog procesa u kom se uvećavao do savršenstva. Uvođenjem proizvodne trake, zaposleni više nisu morali da dolaze do automobila, već su automobili dolazili i prolazili pored njih. Smanjenjem nepotrebnog šetanja i usavršavanjem u svakom delu proizvodnog procesa, Henri Ford je uspeo da stvori imperiju i monopol nad proizvodnjom automobila u 20. veku. [2]

Kada su se prvi automobili pojavili na ulicama, nisu prelazili brzine veće od 30km/h. Prvi automobili su bili smatrani za veoma ekološka i veoma bučna vozila. Ljudi su kao njihovu najveću prednost smatrali njihovu ekološku stranu, jer za sobom nisu ostavljali balegu, a kao najveću manu su isticali buku, jer su bili toliko glasni da su plašili konje koji su se kretali putevima. 100 godina kasnije, automobili se smatraju tihim i neekološkim vozilima jer u procesu sagorevanja proizvode CO<sub>2</sub> koji je direktno povezan sa efektom staklene bašte, odnosno klimatskim promenama. [3]

Tržište automobila odavno nije monopolističko. Veliki broj kompanija iz velikog broja različitih zemalja sveta proizvodi i prodaje automobile na raznim svetskim tržištima. Broj automobila u

voznom stanju u 2019. godini iznosi negde oko 1,15 milijardi. Na planeti trenutno živi 7.65 milijardi ljudi, što znači da u proseku svaka 7. osoba poseduje vlastito vozilo. [4]

Automobili omogućavaju ljudima lakši i efikasniji način života. Ljudi se uz pomoć motornih vozila svakodnevno prevoze do posla, prodavnice, bioskopa i mnogih drugih mesta. Bez automobila bi svakodnevni život velikog broja ljudi bio gotovo nemoguć.

## 2 Bezbednost motornih vozila

Sa sve većim brojem automobila na ulicama i brzinama koje automobili mogu dostići, automobili su počeli da izazivaju sve veći broj saobraćanih nesreća, neretko i sa smrtnim ishodom. [5]

### 2.1 Sigurnosni pojas

Smatra se da je zaštitni pojas u vozilima izum koji je spasio najveći broj ljudskih života. Zaštitni pojas je nastao negde u slično vreme kad su i automobili, ali su se prve verzije pojaseva vezivale samo oko struka. Takvi pojasevi su neretko činili veću štetu nego korist prilikom saobraćajnih nesreća jer se na takav način, telo putnika savijalo ka napred, a bilo je fiksno u trupu. Najveće unapređenje pojasa stiže iz kompanije Volvo 1959. Godine kada je Nils Bohlin došao na ideju da uz postojeći doda još jedan pojas koji bi se prostirao dijagonalno preko vozačevog torzoa i koji bi prilikom sudara zadržavao gornji deo tela.

Zanimljivo je da se Volvo odrekao prava na ovaj revolucionarni patent, učinivši ga dostupnim i drugim kompanijama iz auto-industrije. Švedski proizvođač smatrao je da je njihovo otkriće važnije za opšte dobro od profita kompanije. Na taj način, pojas kakav danas poznajemo, postao je u međuvremenu široko rasprostranjen i već nekoliko decenija je standardni deo opreme savremenih automobila. Prema podacima koji su izneti 2009. na pedesetogodišnjicu od izuma savremenog sigurnosnog pojasa, procenjuje se da su zahvaljujući ovom izumu spaseni životi oko milion ljudi širom sveta, dok su kod znatno većeg broja sprečene ozbiljne povrede prilikom sudara. [6]

### 2.2 Paradoks sigurnosih izuma

Sa povećavanjem bezbednosti, odnosno smanjenim brojem saobraćajnih nesreća sa smrtnom ishodom, predstavnici vlasti su odobrili povećanja maksimalnih dozvoljenih brzina za kretanje vozila. Maksimalna dozvoljena brzina za upravljanje motornim vozilom 1960-tih godina je iznosila 80km/h. S godinama koje su dolazile, kako je bezbednost vozila rasla, tako je rasla i maksimalna dozvoljena brzina upravljanja motornim vozilima, ali su vozila zbog novih i većih brzina ponovo bila nebezbedna za saobraćaj. Dakle, u ovoj jednačini, istorijski gledano, broj ljudi koji su gubili živote u saobraćajnim nezgodama je ostao konstantan gledano na uzorku od milion vozača. Kako bezbednost vozila postaje veća, tako dozvoljena brzina raste, bezbednost postaje manja, i ovaj

proces se odvija u krug. Maksimalna dozvoljena brzina za upravljanjem motornim vozilima na autoputevima širom Evrope u 2019. godini iznosi 130km/h.

### 2.3 Senzori u automobilima

Iako ljudi misle da se senzori u automobilima nalaze od skoro, oni su prisutni još od 1980. godina. Čak i u to vreme, gotovo svi automobili su imali par senzora i centralni procesor koji je bio zadružen za ispravan rad motornih vozila. Ti senzori glavnom procesoru šalju podatke o temperaturi, pritisku, protoku, položaju, ili ugaonoj brzini pojedinih delova. Oni regulišu odnos benzina i vazduha u motoru, mere broj pređenih kilometara, količinu goriva u rezervoaru i još mnogo drugih stvari. [7]

Jedan od senzora koji je veoma unapredio bezbednost automobila na putevima, jeste ABS senzor. ABS je akronim za Antilock braking system, odnosno, kada se bukvalno prevede znači antiblokirajući sistem za kočenje. On je elektro-hidraulični sistem koji sprečava blokiranje točkova prilikom kočenja, što se uglavnom dešava pri veoma oštrom kočenju ili kod vožnje po klizavoj podlozi (mokar asfalt, sneg, led...). ABS optimalno dozira kočionu silu tako što je slabi čim oseti da se javlja rizik od blokiranja točkova.

ABS omogućava vozaču da ne izgubi kontrolu nad vozilom prilikom kočenja, te omogućava vozaču "neometano" upravljanje vozilom iako se odvija proces kočenja. ABS funkcioniše tako što procenjuje da li je neki od točkova na granici da se blokira, odnosno, da li kočiona klješta suviše jako pritiskaju kočioni disk. Kada to primeti, odmah šalje instrukciju hidrauličnoj jedinici da preko ventila smanji pritisak ulja kojim se kontroliše rad te kočnice. Kočnica na problematičnom točku popušta i on nastavlja da se vrti. Međutim, pošto vozač i dalje drži papučicu kočnice punom snagom, odmah nakon toga se pojačava pritisak i klješta ponovo „hvataju“ disk - ukoliko se opet javi rizik da se točak blokira, ponoviće se opisana procedura.

Sve ovo se dešava do 15 puta u sekundi, tako da je ovo proces koji čovek ne bi mogao sam obaviti bez posredstva senzora i malog procesora ugrađenog u automobilu. ABS sistem ceo ovaj proces obavlja za svaki od točkova pojedinačno, tako da automobil može neometano kočiti iako mu se jedna polovina guma nalazi na asfaltu, a druga proklizava po zemlji ili šljunku koji se nalazi pored puta. ABS sistem je veoma koristan u situacijama kada je kolovoz mokar usled kišnih padavina ili zaleđene vode koja se uhvatila na putu. [8]



Na fotografiji je moguće videti razliku u kočenju i manevrisanju automobila koji ne sadrži ABS i automobila koji sadrži celokupni ABS kočioni sistem.

## 2.4 Tempomat

Cruise control ili u prevodu na srpski jezik tempomat, ili kako se još naziva kontrolor brzine sistema je uređaj koji se nalazi u automobilima i služi da automatski reguliše i održava brzinu koja je zahtevana od strane vozača. Dakle, jednostavnije rečeno, tempomat je sistem za održavanje konstantne brzine vozila tokom njegovog kretanja.

Tempomat je koristan uređaj kada vozač želi da podesi željenu konstantnu brzinu kretanja. Računar se stara da se vozilo sve vreme kreće zadatom konstantnom brzinom, što je prilično efikasno za potrošnju goriva, jer nema stalnih promena brzine i obrataja motora, što je glavni uzročnik povećane potrošnje. Tempomat je takođe koristan i često korišćen na autoputevima, jer vozaču omogućava lakšu i udobniju vožnju. [9]

## 2.5 Parking senzori

Još jedan koristan niz senzora su parking senzori koji obaveštavaju vozača o udaljenosti najbliže prepreke. Obaveštavanje je uglavnom zvučno ili vizuelno i pomaže vozaču da se orijentiše u

prostoru kako ni jednim delom automobila ne bi zakačio okolne objekte. Najnoviji automobili dolaze sa automatskom opcijom za parkiranje, gde automobil sam detektuje slobodno parking mesto i započinje proces uparkiravanja vozila. Kod velikog procenta automobila vozač je i dalje zadužen za pritiskanje gasa i kočnice, dok automobil sam okreće volan kako bi što adekvatnije uparkirao automobil. Ovi senzori su korisni jer smanjuju rizik oštećenja vozila prilikom parkiranja i vozaču štede vreme jer se parkiraju na optimalan način. Svi ovi senzori su čist dokaz koliko računari u kombinaciji sa sensorima, doprinose boljoj, bezbednijoj, udobnijoj i efikasnijoj vožnji vozača i putnika.

### 3 Samovozeći automobili

Klasični automobili imaju veliki broj negativnih stvari. Pored toga što ljudima omogućavaju kvalitetniji život, oni učestvuju u velikom broju saobraćajnih nesreća, stvaraju ogromne gužve i zagađuju vazduh. Velike gužve i zastoji direktno negativno utiču na veliki broj stvari koje ponovo ljudima mogu da oduzmu ili skrate život. Usled velikih gužvi, službe hitnih intervencija kao što su vatrogasci, policija i pirapadnici hitne pomoći ne stižu blagovremeno na lokacije gde je njihova pomoć neophodna i na taj način ne uspevaju da spreče veliki broj tragedija. Izduvni gasovi automobila nastali sagorevanjem raznih vrsta goriva zagađuju vazduh zbog kog veliki broj ljudi dobija oboljenja respiratornih sistema. Jedno istraživanje kaže da veći broj ljudi godišnje premine od posledica zagađenog vazduha, nego od saobraćajnih nezgoda. Na sajtu “Nacionalne Geografije” je moguće pronaći podatak koji kaže da čak 90% stanovništva naše planete udiše zagađen vazduh, a motorna vozila čine 13% tog zagađenja.

#### 3.1 Istorija samovozećih automobila

Ljudi maštaju o samovozećim automobila još od početka prošlog veka kada oni nastaju na konceptualnom nivou. Prva testiranja su se odvijala još 1950-tih godina, a prvi zvanični samovozeći automobil je odvezao svoju rutu 1977. godine. Napravljen je od strane Japanaca, i radio je tako što je pratio bele markere na putu uz pomoć dve kamere koje su sliku procesirale na analognom računaru. Dostigao je brzinu od 30km/h. [15]

Od 1977. godine pa sve do 2000-tih, najveći sponzor i finansijer takmičenja u izgradnji samovozećih automobila je bila Američka vojna agencija DARPA. Oni su finansirali i podržali najveći broj takmičenja na kojima su automobili iz godine u godinu bili usavršavani i sposobni da izbegavaju novonastale prepreke na putu koristeći se sopstvenim senzorima.

Poslednjih godina sve veći broj svetski poznatih kompanija radi na usavršavanju samovozećih automobila. Neki od proizvođača koji trenutno razvijaju autonomna vozila su: BMV (BMW), Audi, Dženeral Motors (General Motors). U trku za autonomnim vozilima su se od nedavno uključile Tesla i Vejmo(Waymo).

2015. Godine Sjedinjene Američke Države su dozvolile testiranja samovozećih automobila na javnim putevima u pojedinim saveznm državama. Jediní uslov je bio da sva vozila poseduju vozače na vozačevim sedištimá spremne da intervenišu u svakom trenutku. Od 2018. Godine u pojedinim saveznm državama poput Kalifornije je dozvoljeno i testiranje samovozećih automobila koja nemaju vozača na vozačevom sedištu.

## 3.2 Nivoi autonomije samovozećih vozila

Nivoi autonomije su se uveli kao pojam kako bi samovozeći automobili mogli biti klasifikovani u neku od navedenih kategorija. Ova kategorizacija takođe pomaže vozačima kako bi bili svesni koliko moraju biti oprezni prilikom upravljanja svojim vozila.

### Nivo 0

Vozila u ovoj kategoriji su opremljena uređajima koji mogu izdati upozorenja, i u određenim situacijama naglo odreagovati, ali nemaju kontrolu nad vozilom u dužim vremenskim periodima.

### Nivo 1

Automobil i vozač dele kontrolu nad vozilom. Klasičan primer je tempomat koji reguliše brzinu, a vozač i dalje upravlja vozilom. Dobar primer je i parking asistent, gde je čovek taj koji upravlja gasom i kočnicom, dok automobil pokušava optimalno da se uparkira na prethodno skeniran i označen parking prostor.

### Nivo 2

U ovom stepenu vozilo je sposobno da se samostalno kreće. Vozačeve ruke nisu neophodne da budu na volanu sve vreme, ali su zbog zakona obavezne da budu na volanu tokom kretanja vozila. Veliki broj automobila čak je podešen da alarmira vozača ukoliko mu ruke nisu na volanu kako bi preuzeo kontrolu nad vozilom u nepredviđenim situacijama.

### Nivo 3

U ovom stepenu autonomnosti vozač ne mora sve vreme da ima pažnju usmerenu na vožnju. Jako je bitno da bude spreman i oprezan da preuzme kontrolu nad vozilom u nepredviđenim situacijama. Kod ovog nivoa automobil će unapred obavestiti vozača kada dođe do ovakvih situacija. Audi A8 je bio prvi automobil koji je postigao nivo 3 autonomije.

#### **Nivo 4**

U ovom nivou vozač može potpuno da prepusti svu kontrolu nad vozilom. Kod automobila sa nivom autonomije 4 vozač čak može da napusti vozačevo sedište. Reakcije vozača su neophodne u izuzetnim situacijama poput jakog nevremena ili nekog jako neobičnog puta. Vozilo je samo sposobno da takve situacije uoči i na vreme obavesti vozača da reaguje. Vozilo je sposobno da se samostalno parkira i samostalno pokrene. Pojedine kompanije tvrde da su njihova vozila dostigla ovaj nivo autonomije.

#### **Nivo 5**

Ovo je najviši nivo autonomije i u njemu ne postoji situacija u kojoj je ljudska intervencija potrebna. Kola su potpno samostalno sposobna da reaguju najbolje moguće u svim predviđenim i nepredviđenim situacijama.

## 4 Igrači na tržištu i njihove strategije

U ovom delu rada će biti analizirane najpoznatije svetske kompanije koje se bave razvojem kompletnih rešenja namenjenih za upravljanjem autonomnih vozila. Za svaku od pomenutih kompanija biće pomenuto trenutno stanje stvari, istorija razvoja i saobraćajne nesreće.

### 4.1 Vejmo kompanija

Vejmo je kompanija koja se bavi razvojem samovozećih automobila. Ona je ćerka kompanija kompanije Alphabet. Kompanija Alphabet je nastala reorganizacijom Gugla (Googla).

#### 4.1.1 Istorija kompanije Vejmo

Vejmo je proistekao iz kompanije Gugl kao pilot projekat, a postao je nezavisna kompanija u decembru 2016. godine. Guglov tajanstveni elitni tim Gugl X je započeo razvoj samovozećih automobila 17. januara 2009. godine. Njihov projekat je pobedio na Darpinom takmičenju i osvojio nagradu od 2 miliona dolara.

U maju 2014. godine Gugl je javno predstavio novi prototip svojih samovozećih automobila koji nisu imali volan ni papučice. Automobili su služili za testiranje tehnologije i nisu bili planirani za masovnu proizvodnju. Gugl je u periodu od 2009 do 2015 godine uložio 1.1 milijardu dolara u razvoj samovozećih automobila.

Vejmo je 2017. godine započeo javno testiranje svojih samovozećih automobila u Arizoni, a već godinu dana kasnije je svetu predstavio novi vid testiranja u kom obični građani putem aplikacije mogu poručiti samovozeći automobil u vidu taksi usluge. Automobil bi sam došao na željenu adresu i prevezao putnike na željenu destinaciju. U kolima se zbog bezbedosti putnika nalaze vozači testerer koji sede iza volana, njihova uloga je da reaguju u situacijama kada procene da samovozeći automobili prave greške.

#### 4.1.2 Tehnološki razvoj kompanije Vejmo

Zvaničnici kompanije tvrde da su svi njihovi automobili opremljeni za potpunu autonomnu vožnju i da poseduju senzore čiji je opseg 360 stepeni. Automobili poseduju lasere koji mogu detektovati objekte na udaljenosti od 300 metara. Automobili takođe poseduju preciznije lasere kratkog dometa čije je uloga da prate objekte u blizini vozila.

Zaposleni u kompaniji su napravili virtuelni svet čija je svrha da izgleda i oponaša stvarni. Njegova uloga je da simulira objekte i akcije na isti način na koji bi se oni odvijali u stvarnom svetu, kako bi samovozeći automobili mogli da se voze i obučavaju u njemu, bez straha da će izazvati opasnost po živa bića. U virtuelnom svetu koji ima izgled nekoliko svetskih gradova, flota od 25 000 virtuelnih samovozećih automobila je prešla više od 5 milijardi virtuelnih kilometara.

#### 4.1.3 Testiranje samovozećih automobila na ulicama

Do 2018 godine Vejmo je testirao svoja vozila u 6 država i 25 gradova širom Amerike. U junu 2015 godine, Gugl je objavio da je njihova flota prešla 1.6 miliona kilometara što je ekvivalentno broju kilometara koje bi prešao prosečan američki vozač za 75 godina. Tokom voženja svih tih kilometara, njihovi automobili su naišli na 200 000 stop znakova, 600 000 semafora i 180 000 000 drugih vozila. Tokom prelaženja svih ovih kilometara, automobili se nisu kretali brzinama većim od 40km/h i posedovali su sigurne vozače koji su sedeli na vozačevim sedištim.

Do oktobra 2018 godine, Vejmo automobili su prešli više od 16 miliona kilometara u stvarnom svetu i više od 11 milijardi u virtuelnom. Automobili u proseku prelaze skoro 13 miliona virtuelnih kilometara dnevno. [19] [20] [21] [22]

#### 4.1.4 Nesreće prouzrokovane Vejmovim autopilotom

U junu 2015. godine Gugl je potvrdio da je od nastanka njihovog samovozećeg programa do tog dana došlo do 12 sudara u kojima su učestvovali njihovi automobili, od kojih se osam dogodilo tako što je drugi vozač udario u kola na stop znaku ili semaforu. U dva je drugo vozilo ogrebalo automobil s bočne strane. U jednom je drugi vozač prošao kroz znak stop, a jedan se dogodio dok je Guglov zaposleni samostalno vozio automobil.

Jedini sudar koji je prouzrokovan krivicom samovozećeg automobila dogodio se 14. februara 2016. godine kad je auto pokušao da zaobiđe vreće peska koje su se nalazile na putu. Tom prilikom je udario u autobus koji se nalazio ispred. Gugl je priznao grešku i nazvao je učećim iskustvom. Naglasili su da se greške ovog tipa, odnosno loše procene dešavaju i običnim vozačima svakodnevno. [23]

#### 4.1.5 Komercijalizacija proizvoda

U 2012. godini, predstavnici kompanije su objavili da će njihovi automobili biti korišćeni u komercijalne svrhe u 2017. godini. U 2014 godini su korigovali svoju izjavu i rekli da će biti dostupni za javno korišćenje između 2017. i 2020. godine. [19] [20]

Waymo se pozicionira kao TaaS (Transport as a Service – Transport kao servis) kompanija. Istakli su 4 potencijalna načina korišćenja njihovih usluga u budućnosti:

- Ljudi će biti u mogućnosti da koriste Waymo vozila identično kao što danas koriste usluge taxi kompanija
- Transport i logistika
- Urbani prevoz putnika tokom poslednjeg kilometra prevoza nakon što ljudi napuste gradski prevoz
- Putnička vozila

## 4.2 Kompanija Tesla

Kompanija Tesla je nastala sa ciljem da proizvodi električna vozila. Nekoliko godina nakon svog osnivanja, odlučuju se da uđu u trku za razvoj samovozećih vozila.

### 4.2.1 Istorija kompanije Tesla

Ilon Mask (Elon Musk), direktor kompanije Tesla, je 2013. godine najavio da imaju u planu rad na samovozećim automobilima. Prve verzije njihovog autopilota su ponuđene već u oktobru 2014. Prva verzija autopilota je uključivala polu samostalnu vožnju i samostalno parkiranje. Tesla je na prvoj verziji autopilota radio sa Izraelskom kompanijom Mobilaj (Mobileye), ali se njihovo partnerstvo završilo u julu 2016. godine. [24]

Kompanija je istakla da su sva njihova vozila proizvedena nakon oktobra 2016. godine opremljena hardverskom opremom sposobnom za potpunu autonomnu vožnju. Onog trenutka kada njihov autopilot postane dovoljno dobar, biće softverski distribuiran svim vozilima i ona će moći da se autonomno kreću bez potrebe da vozač reaguje tokom vožnje. Sa ovom verzijom hardvera, automobili su bili u mogućnosti da samostalno menjaju trake, skreću u ne tako prometne ulice, i samostalno napuštaju autoputeve.

### 4.2.2 Tehnološki razvoj kompanije Tesla

Svi vlasnici Tesla automobila koji su pretplaćeni na samovozeći paket i koji poseduju svu neophodnu hardversku podršku na mesečnom nivou dobijaju softversku nadogradnju autopilota. Svi automobili opremljeni sa senzorima potrebnim za autonomnu vožnju u svakom trenutku prate sva dešavanja u saobraćaju. Sa svakim pređenim kilometrom, automobili imaju više iskustva i više situacija koje su iskusili. Pravilnom obradom svih tih situacija, njihove vozačke sposobnosti se poboljšavaju. Poboljšane sposobnosti se softverski distribuiraju svim Teslinim samovozećim automobilima.

U svim Tesla samovozećim automobilima je ugrađena sigurnosna mera koja od vozača zahteva da u jasno definisanim vremenskim intervalima dodirnu volan kako bi automobilima dali do znanja da su prisutni i da pomno prate sve što se dešava tokom vožnje. Ova sigurnosna mera povećava šanse da će vozači automobila biti sposobni da blagovremeno reaguju u kritičnim situacijama. [24]

#### 4.2.3 Nesreće prouzrokovane Teslinim autopilotom

Nakon 47 miliona pređenih kilometara od strane Tesla vozila, statistika kaže da je verovatnoća za saobraćajnom nesrećom za 50% manja kada vozilom upravlja autopilot, a ne čovek.

Postoje zabeleženi slučajevi u kojima je Tesla autopilot direktno spasao ljudske živote. U Vašingtonu je autopilot u poslednjem trenutku izbegao pešaka kog vozač nije primetio. Drugi slučaj vredan pomena se odigrao kada je vozaču Tesle pozlilo i nije bio u stanju da vozi kola. On je aktivirao autopilota i zajedno sa Teslom je uspeo da se odveze do najbliže medicinske ustanove u kojoj mu je bila ukazana neophodna pomoć.

Na jutjubu (youtube) se može pronaći pozamašan broj video snimaka u kojima Tesla automobili „predviđaju“ sudare i zaustavljaju vozilo neposredno pre nego što se 2 automobila ispred njih sudare. To im omogućava velika brzina procesiranja informacija i mala količina vremena potrebnog za reagovanje u takvim situacijama. Zbog toga, automobili stvaraju iluziju da su predvideli sudar na putu, a ustvari su samo jako brzo procesirali informacije i reagovali na osnovu njih. Kada se automobili kreću velikim brzinama, oni prelaze nekoliko desetina metara u sekundi. S obzirom da automobili mogu mnogo brže reagovati nego ljudi, tih par trenutaka čine ogromnu razliku. [25]

Teslini automobili su učestvovali u 6 saobraćajnih nesreća sa smrtnim ishodom do 1. marta 2019. godine. Za neke od tih nesreća su krivi drugi vozači, a neki su posledica nepravilnog rada softvera, odnosno autopilota samog vozila.

### 4.3 Kompanija Uber

Kompanija Uber je nastala sa ciljem da omogući ljudima koji voze kola u nekom smeru, da pakupe ljude koji su im usput i podele troškove goriva. Na taj način vozač zarađuje, putnik dobija jeftinu vožnju, a na ulicama se nalazi manje automobila potrebnih za prevoz ljudi.

#### 4.3.1 Istorija kompanije Uber

Uber je na početku 2019. godine predvideo da će do kraja godine imati 75 000 aktivnih samovozećih automobila na ulicama. Njihova zamisao je da će već do kraja godine ti automobili postati profitabilni i da će početi kompaniji da zarađuju novac.

Kompanija Uber na održavanje trenutne flote samovozećih automobila mesečno troši 20 miliona dolara. Kompanija je bila sigurna da će kupovinom startupa zvanog Oto (Otto) ubrzati razvoj svojih samovozećih automobila između 12 do 24 meseca. Dakle, da podsetim, njih svaki mesec neprofitabilnosti košta 20 miliona dolara, a sa povećanjem flote, ta brojka će samo vrtoglavo rasti.

Nažalost, nakon kupovine Ota, Uber se našao u neprijatnoj situaciji, kada je kompanija Gugl odlučila da ih tuži, jer su došli do informacija da je jedan od glavnih inženjera koji je radio na projektu Vejno kada je odlučio da napusti kompaniju i osnuje svoj startup Oto to uradio na velikom delu intelektualne svojine koja je pripadala njima. Uber je odlučio da ne ode na suđenje, već da se nagodi sa Guglom. U toj nagodbi, Gugl je dobio 0.34% udela u vlasništvu kompanije Uber. U tom trenutku, Uberova vrednost je bila procenjena na 90 milijardi dolara, tako da je Gugl u tom trenutku dobio akcije Ubera u vrednosti od oko 300 miliona dolara. [26]

#### 4.3.2 Tehnološki razvoj kompanije Uber

Zanimljivo je napomenuti da je Uber u 2017. godini prijavio da poseduje tim od 155 ljudi koji rade na izradi hardvera neophodnog za samovozeće automobile, dok 405 ljudi radi na izradi softvera. [26]

#### 4.3.3 Nesreće prouzrokovane Uberovim autopilotom

Najpoznatija Uberova saobraćajna nesreća u kojoj je učestvovalo njihovo samovozeće vozilo se dogodila u martu 2016. godine. Naime, samovozeći automobil je usmrtio pešaka koji je prelazio ulicu na neosvetljenom delu puta koji nije bio namenjen za to. U automobilu u trenutku kada se dogodila nesreća je sedela žena koja je koristila mobilni telefon i nije bila u mogućnosti da

blagovremeno odreaguje. Dosta dugo nakon nesreće se postavljalo pitanje da li bi na bilo koji način mogla odreagovati da je bila fokusiranija na vožnju i da nije koristila mobilni telefon u tim trenucima. Detaljnim istragama je ustanovljeno da ni kompanija Uber, ni žena vozač nisu krivi i da se nesreća nije mogla izbjeći čak i da je ta žena upravljala vozilom. Uber je od marta obustavio testiranje svojih samovozećih automobila i nastavio ga je tek u decembru iste godine, ali pod mnogo strožijim uslovima, pravilima i sa mnogo manje automobila na pravim ulicama. [27]

## 5 Dobre strane samovozećih automobila

### 5.1 Saobraćajne nesreće

Pored efikasnijeg i lagodnijeg života koji automobili omogućavaju ljudima, oni takođe učestvuju i u velikom broju saobraćajnih nesreća. Procena kaže da je u 2017-oj godini 1.3 miliona ljudi izgubilo život u saobraćajnim nesrećama, dok se procenjuje da je između 20 i 50 miliona ljudi povređeno u njima.

Više od 90% svih saobraćajnih nesreća su nastale ljudskom greškom, odnosno našom nepažnjom i nemarnosti. Ljudi izazivaju saobraćajne nezgode kada voze pod dejstvom psihoaktivnih supstanci kao što su droga, alkohol ili određeni medikamentozni lekovi. Te supstance smanjuju kognitivne sposobnosti, odnosno usporavaju rad refleksa, tako da vozači ne mogu blagovremeno odreagovati u problematičnim situacijama. Nezgode se takođe dešavaju kada ljudima odluta pažnja ili kada im se prispava. Samovozeći automobili mogu unapred predvideti situacije na putevima i odreagovati i pre nego što se same nezgode dogode. [13]

Jedan od problema s kojima će se samovozeći automobili na svom putu ka komercijalizaciji susresti jeste negativan publicitet. Mediji će ih zasigurno okarakterisati smrtonosnim mašinama namenjenim za ubijanje ljudi. U Sjedinjenim Američkim Državama u saobraćajnim nesrećama godišnje pogine oko 40 000 ljudi. Kada bi prve generacije samovozećih automobila bile bolje od ljudi čak 100x, to znači da bi 100x manje ljudi ginulo u saobraćajnim nezgodama. Dakle, u jednoj takvoj situaciji, gde bi na ulicama bili isključivo samovozeći automobili, 100x bolji od standardnih vozača, godišnje bi oko 400 ljudi gubilo živote. S obzirom da godina ima 365 dana, u proseku bi dnevno jedna osoba izgubila život. Kao što sam već napomenuo, svakodnevno se dešavaju saobraćajne nesreće, ali one više nemaju toliku medijsku pažnju jer su postale standardna i uobičajena vest. Kada neka osoba izgubi život tokom vožnje u samovozećem automobilu, to je senzacija, jer otvara ogroman broj drugih pitanja i privlači pažnju čitalaca. Što je vest atraktivnija, to joj povećava šansu da je više ljudi pročita, tako da će novinari imati motiva da negativno pišu o nesrećama sa smrtnim ishodom u kojima su učestvovali samovozeći automobili kako bi sebi povećali rejtinge, što će se direktno negativno odraziti na javno mišljenje o samovozećim automobilima.

Činjenica je da će samovozeći automobili definitivno postati bolji od standardnih vozača, ali će to biti jedan dug i mukotrpan proces. Samovozeći automobili će spasavati veliki broj života u budućnosti, ali dok dođemo do tog stadijuma, u njihovom procesu učenja će nažalost dolaziti i do situacija sa smrtnim ishodom. Ukoliko svi ljudi budu bili svesni toga, i automobilske nesreće

uzrokovane greškama autopilota ne budu dobijale toliko negativnog publiciteta, samovozeći automobili će se mnogo brže razvijati i lakše će biti prihvaćeni od strane celog društva.

Ovo ne znači da bi se saobraćajne nesreće prouzrokovane greškama softvera trebalo tolerisati, već znači da bi trebalo očekivati da će do grešaka dolaziti, i da bi se na otklanjanju tih grešaka trebalo raditi, a ne potpuno obustaviti sa razvojem samovozećih automobila.

## 5.2 Optimalno ubrzavanje i zaustavljanje vozila (ekološka karakteristika)

Samovozeći automobili zbog mnoštva senzora koje poseduju su u stanju da optimalno pokrenu i zaustave vozilo. Zbog ove prednosti su u stanju da troše i do 40% manje energije nego što bi ljudskim vozačima bilo potrebno da obave iste akcije. Glavna karakteristika zašto ljudi ovo ne mogu postići za raliu od samovozećih automobila leži u našoj nesavršenosti i nemogućnosti da održimo konstantan pritisak na papučici od gasa. S druge strane, samovozeća vozila su u mogućnosti da savršeno doziraju potreban pritisak za pokretanje i zaustavljanje vozila. Ona između ostalog, mogu mnogo preciznije proceniti situacije i prilagoditi svoje brzine kretanja, brzinama ostalih učesnika u saobraćaju i na taj način preduprediti, odnosno otkloniti nepotrebno dodavanje gasa, za kojim će u nekom trenutku uslediti nepotrebno kočenje, koje je moglo biti izbegnuto, da nije bilo suvišnog dodavanja gasa.

Dakle, tih 40% energije koje samovozeći automobili manje troše od regularnih vozila se mogu posmatrati kroz ekološku prizmu. Dakle, samovozeći automobili zagađuju i do 40% manje prirodu, jer koriste manje goriva koje se ne sagoreva i na taj način ne doprinosi formiranju efekta staklene bašte.

Pored 40% manje potrebne energije, očekuje se da će svi samovozeći automobili biti električni. Električni automobili ne sagorevaju naftne proizvode, već za svoje kretanje koriste električnu energiju koja je uskladištena u njihovim baterijama. Dakle, samovozeći automobili prilikom svog kretanja neće uopšte zagađivati životnu sredinu. Kada se čuje jedan takav podatak, veliki broj ljudi se zapita zar baterije i struja koju će automobili koristiti neće zagađivati prirodu.

Naime, od svih artikala na planeti zemlji, procentualno gledano, automobil je stvar koja se najviše reciklira. Iako baterije dosta zagađuju životnu okolinu tokom svog procesa nastajanja, s obzirom da gotovo svi automobili završavaju na autootpadima gde bivaju reciklirani, možemo postići da se baterije adekvatno recikliraju. U jednom takvom procesu, baterije nastale recikliranjem starih baterija ne bi značajno zagađivale planetu.

Što se tiče struje koju automobili koriste. Pariskim sporazumom se 196 zemalja potpisnica sporazma obavezalo da će se potruditi da do 2050. godine sva struja koja bude nastajala, dolazi iz obnovljivih resursa ili nuklearnih elektrana, odnosno da nema štetnih emisija. Dakle, automobili će u budućnosti koristiti isključivo struju koja svojim nastankom nije doprinela efektu staklene bašte.

### 5.3 Sinhronizovana promena brzine kretanja

Velika prednost samovozećih automobila leži u tome što jednostavno mogu komunicirati sa ostalim automobilima ili ih jednostavno mogu oponašati. Neki od primera gde je ovo izuzetno korisno jeste pokretanje vozila nakon zaustavljanja na semaforu. Samovozeći automobili mogu započeti kretanje identičnom brzinom kao i vozilo ispred njih. Ovo im omogućava da im je za bezbednu i neometanu vožnju potrebno samo nekoliko centimetara rastojanja od susednih vozila. Prednost samovozećih automobila leži u činjenici da se mogu kretati istim brzinama kao i ostali automobili i to im omogućava da svi otpočnu kretanje istim brzinama. Dakle, samovozeći automobili bi mogli nakon promene signalizacije na semaforima da se kreću kao vozić jedan iza drugog istim brzinama. Takav način kretanja bi bio daleko efikasniji od trenutnog gde prvo vozilo započne kretanje, zatim par sekundi nakon njega drugo, onda i treće i na taj način se stvara mnogo veća udaljenost između prvog i poslednjeg vozila koji su započeli kretanje u odnosu na situaciju kada su mirovali u mestu na semaforu.

Ova sposobnost je takođe izuzetno poželjna i tokom kretanja po putevima. Ljudski vozači moraju da drže odstojanje u odnosu na druga vozila prilikom kretanja zbog potrebnog vremena da reaguju u različitim situacijama. Samovozeći automobili jednostavno mogu oponašati vozilo koje se nalazi ispred njih. Kada vozilo ispred njih započne kočenje, oni to mogu uraditi istog trenutka i na taj način mogu u potpunosti izbeći sudar sa njim.

## 5.4 Parkiranje

U ovom delu rada će biti predstavljeno pet potencijalnih inkrementalnih faze razvoja i unapređenja načina na koje će se samovozeća vozila parkirati.

### 5.4.1 Samostalno uparkiravanje

Najjednostavnija faza ovog procesa je takozvano samostalno uparkiravanje. Naime, vlasnik vozila mora da približi svoje vozilo praznom parking mestu, kako bi ga senzori od vozila mogli detektovati i klasifikovati kao parking mesto. Nakon toga, vozač može inicirati otpočinjanje samostalnog uparkiravanja. Ova vrsta tehnologije u kojoj je vozač tokom celog procesa morao asistirati automobilu dodavajući gas i pritiskajući kočnicu je dugi niz godina prisutna. Potpuno samostalno uparkiravanje je široj javnosti postalo dostupno kada je to kompanija Tesla omogućila. Naime, vozači automobila treba svoje vozilo da približe parking mestu i da preko Tesla aplikacije na mobilnom telefonu pritisku dugme „Uparkiraj“. Nakon toga, vozilo će se potpuno samostalno bez asistencije vozača uparkirati. Ovo je dobra stvar kada vozilo treba da se uparkira u uzan prostor, jer vozač tokom procesa parkiranja ne mora biti u kolima i samim tim automobil ne mora da vodi računa da ostavi dovoljno prostora da vozač može da uđe/izađe iz auta dok je vozilo parkirano.

### 5.4.2 Pronalaženje parking mesta

Sledeća faza razvoja načina na koji će se samovozeći automobili parkirati jeste samostalno pronalaženje parking mesta. Ova faza se direktno nadovezuje na prethodnu kada automobil samostalno pronađe parking mesto.

Veliki uzročnih saobraćajnih gužvi u gradovima širom sveta su vozači koji pokušavaju da pronađu parking mesta. Samovozeći automobili su u mogućnosti da obaveste jedni druge kada naiđu na prazno parking mesto ili da obaveste ostala vozila kada će otprilike napustiti trenutno mesto na kome su parkirani. Ostala samovozeća vozila mogu to parking mesto koje će biti upražnjeno unapred rezervisati i direktno se uputi ka njemu. Ostala vozila bi znala da je to mesto zauzeto i samo bi poslala zahtev celom sistemu sa namerom da saznaju gde se nalaze ostala slobodna mesta. Na ovaj način, vozači automobila bi štedeli dane života koje na godišnjem nivou troše na pronalaženje slobodnih parking mesta, a gužve u gradovima prozrokovane pronalaženjem slobodnih parking mesta bi se drastično smanjile.

Kada ova vrsta tehnologije zaživi i postane javno dostupna, može se čak stvoriti i berza slobodnih parking mesta u kojoj bi vozila međusobno trgovala i jedna druge obavještavala o dostupnosti istih. Na primer, ukoliko je jedno vozilo rezervisalo slobodno parking mesto na kraju ulice, a drugo na početku, jer su se prosto tim redosledom mesta oslobađala, vozila su u mogućnosti da zaključe da im međusobno više odgovara parking mesto drugog vozila i mogu ih zameniti. Ovo se ne odnosi samo na unapred rezervisana parking mesta, već i na postojeća, jer se vozila sama u svakom momentu mogu međusobno preparkirati.

Kada sva vozila budu počela samostalno da se uparkiravaju, biće potrebno dosta manje prostora da bi se sva vozila parkirala. Prvenstveno, neće biti potrebe da se ostavlja dodatni prostor da putnici mogu napustiti vozila, jer će se vozila uparkiravati i isparkiravati bez putnika u njima. Takođe, njihova velika preciznost će im omogućiti da se uparkiraju jedni od drugih na tik nekoliko milimetara.

S obzirom da će sva vozila biti potpuno autonomna i spremna za kretanje u svakom trenutku, neće više postojati situacije kada nekom automobilu fali malo prostora da se uparkira, jer bi se u tom slučaju, sva ostala vozila sama zajedno malo pomerila kako bi svi mogli stati. Verovatno će se i paralelna parkiranja odvijati sinhrono sa ostalim vozilima, kako bi se uštedelo na prostoru potrebnom za njihovo parkiranje.

#### 5.4.3 Parkiniranje isključivo na periferiji

U svetu gde su sva vozila samovozeća, ljudi ne bi imali potrebu da imaju parking mesta u centru grada. U današnje vreme, parking mesta se nalaze u gradovima kako vozači ne bi gubili mnogo vremena da stignu od mesta gde su parkirali svoja vozila do željene lokacije. U svetu gde postoje samovozeći automobili, vozači mogu napustiti svoje vozilo na željenoj lokaciji i automobil se može samostalno odvesti na periferiju grada ili neki udaljen parking gde se može parkirati. S obzirom da vozila prateći kalendare i aktivnosti svojih vlasnika mogu da pretpostave kad će im se sastanci završiti, ili ih vlasnici automobila mogu jednostavno pozvati putem odgovarajućih aplikacija, automobili mogu unapred krenuti ka željenoj lokaciji i napraviti par krugova oko zgrada u kojima im se vlasnici nalaze dok ne završe sastanke i ne pokupe ih. Na ovaj način, krajnji korisnik ne bi imao osećaj da mu je vozilo sve vreme bilo parkirano kilometrima daleko, jer bi vozilo bilo uvek tu u svakom trenutku spremno za polazak. Na ovaj način, centri gradova koji su prenatrpani parking zonama i mestima predviđenim za parkiranje automobila bi mogli biti iskorišćeni na mnogo efikasnije i kvalitetnije načine. Parking mesta bi mogla postati zelene površine ili bi na njihovim mestima mogle biti postavljene biciklističke staze. Takođe, velike parking garaže po

centrima gradova bi mogle biti srušene i na njihovim mestima bi mogli biti izgrađeni parkovi i drugi objekti od kojih bi svi stanovnici imali koristi.

#### 5.4.4 Optimizovanje da bi se izbeglo parkiranje

U budućnosti, kada samovozeći automobili postanu potpuno i široko rasprostranjeni, očekuje se da oni neće biti privatna svojina, odnosno da ljudi neće imati potrebu da ih kupuju i na taj način koriste. Biznis modeli samovozećih automobila će se zasnivati na transportu kao usluzi koju će kompanije vlasnici samovozećih automobila nuditi svojim korisnicima. Dakle, očekuje se da će svi ili barem velika većina samovozećih automobila biti pod vlasništvom različitih taxi kompanija i da će ih ljudi naručivati putem mobilnih aplikacija. Na taj način, automobili neće imati potrebu da se često parkiraju već će većinu vremena cirkulisali gradovima u potrazi za putnicima.

## 5.5 Saobraćajna signalizacija

Saobraćajna signalizacija omogućava učesnicima u saobraćaju da se lakše sporazumeju i bezbedno stignu od početne do krajnje lokacije. Pod saobraćajnom signalizacijom podrazumevamo ulične znakove, svetlosne i zvučne signalizacije, kao i privremeno postavljena obaveštenja o neprohodnosti određenih ruta.

### 5.5.1 Semafori

Trenutni semafori su izuzetno neefikasniji jer menjaju svoja stanja u određenim vremenskim intervalima ne uzimajući kao jedan od parametara stanje situacije u saobraćaju u datom trenutku. Neretko se dešava da u ulici u kojoj se formirala gužva stoji crveno svetlo, dok je zeleno svetlo uključeno u ulici u kojoj apsolutno nema ni jednog vozila na putu. U poslednjih par godina sa povećanim korišćenjem pametnih uređaja se ovaj problem polako rešava, tako što semafori postaju pametniji na način da optimalno menjaju svetlosnu signalizaciju kako bi više automobila moglo efikasno da cirkuliše.

Semafori imaju ugrađena kašnjenja između promene signalizacija kako bi ljudi (neefikasni učesnici u saobraćaju) mogli da se sinhronizuju. Naime, kada neki semafor promeni svoje stanje iz zelenog u crveno, njemu komplementaran semafor i dalje zadržava svoje crveno stanje kako bi bio siguran da će se vozači na drugom semaforu u potpunosti zaustaviti, pre nego što promeni svetlo na zeleno.

Povremeno se dešava i da se semafori pokvare, što izaziva opšti kaos u saobraćaju, jer vozači nisu u mogućnosti da se samostalno dogovore oko prava prvenstva prolaza, već tad nastupa zakon jačeg i obično prednost ima onaj ko je agresivniji vozač.

### 5.5.2 Svet bez saobraćajne signalizacije namenjene vozačima

Saobraćajni znakovi i semafori služe za međusobnu koordinaciju vozača automobila. Samovozeći automobili mogu međusobno komunicirati uz pomoć interneta znatno većim brzinama nego što to mogu međusobno raditi vozači automobila.

U svetu gde su sva vozila samovozeća, saobraćajni znakovi i semafori se mogu potpuno izuzeti iz upotrebe. Na taj način bi se samovozeći automobili sve vreme mogli kretati kroz raskrsnice velikim brzinama, vodeći računa da se ne sudare sa ostalim automobilima. Ako posmatramo običnu raskrsnicu kao konkretan primer, to znači da bi automobili iz sva četiri smera neometano uz visok nivo koordinacije mogli cirkulisati velikim brzinama vodeći računa da se ne sudare.

Ukoliko bi semafori ostali sastavni deo drumskog saobraćaja, njihova svrha bi isključivo bila da omoguće pešacima da bezbedno pređu ulicu.

## 5.6 Veća mobilnost za sve grupe ljudi

Samovozeći automobili će raznim grupama ljudi biti inovacija bez koje neće moći zamisliti svakodnevnicu jednom kad ih dobiju i isprobaju.

### 5.6.1 Deca

Mnogi roditelji svakodnevno voze decu u vrtić, jer ih ne mogu same pustiti da se voze gradskim prevozom, a usluga taksija ili neke druge osobe koja bi ih odvela im iziskuje velika novčana izdvajanja. Ovoj grupi ljudi, samovozeći automobili koji bi njihovu decu vozili od kuće do vrtića i nazad, pre nego što se vrate i pakupe roditelje koje će razvesti na posao su inovacija koja će im daleko uštedeti vreme i omogućiti kvalitetnija jutra.

### 5.6.2 Penzioneri

Svim ljudima sa godinama koje prolaze slabe motorne i kognitivne sposobnosti. Pre ili kasnije, svima će nam dovoljno oslabiti da ćemo postati nebezbedni vozači, tako da će nam zakonski biti zabranjeno da upravljamo motornim vozilima. S obzirom da tehnologija i medicina veoma brzo napreduju i produžavaju prosečnu dužinu ljudskih života, sve više ljudi će pripadati ovoj kategoriji gde zbog broja svojih godina neće biti u mogućnosti da upravljaju motornim vozilima. Samovozeći automobili će i njima pomoći da ponovo neometano obavljaju svakodnevne aktivnosti i obaveze bez obzira na broj njihovih godina.

### 5.6.3 Ljudi bez vozačkih dozvola

Veliki broj ljudi ne poseduje vozačku dozvolu. Neki ljudi nisu nikad imali želju da nauče da voze. Određeni broj ljudi iz ekonomskih razloga nikad nije išao na obuku za vozača, niti polagao vožnju. Određeni broj ljudi nikad nije imao potrebu da nauči da vozi, jer su uvek imali neku osobu koja je za njih obavljala ulogu vozača. Određeni broj ljudi i pored velike želje, nikad nije uspeo da savlada tehniku upravljanja motornim vozilima, odnosno, nikad nisu uspeli da polože vozački ispit. Samovozeći automobili će i svim ljudima omogućiti značajno veću mobilnost nego što je imaju u današnje vreme.

#### 5.6.4 Osobe sa invaliditetom

Invaliditet se može podeliti u tri kategorije: trajni, privremeni i situacioni.

**Trajni invaliditet** je stanje organizma koje se ne može u kratkom vremenskom periodu, bez primene invazivnih metoda otkloniti. Kada govorimo o upravljanju vozilima, obično u ovu kategoriju svrstavamo slepe i slabovide osobe, osobe koje ne poseduju neki ekstremitet, ili usled oštećenja nerava ne mogu pomerati određene delove tela. Ove osobe zbog svog invaliditeta trajno nisu u mogućnosti da upravljaju motornim vozilima i na taj način zavise o drugim ljudima i drugim vrstama transporta koji su obično spori ili neefikasni.

**Privremeni invaliditet** se obično javlja usled neke povrede ili hiruškog zahvata. Neki od primera su slomljena ruka ili operacija očiju. Dakle, to je privremeno stanje u kojem osoba nije u mogućnosti da upravlja motornim vozilima, ali ubrzo će ponovo biti u mogućnosti. Ljudi dok su u ovom stanju, kao i prethodna kategorija ljudi, veoma zavise o drugim ljudima kada je reč o transportu.

**Situacioni invaliditet** je najbezazlenija kategorija invaliditeta i u njemu osoba nije u mogućnosti da upravlja vozilom zbog trenutnog privremenog stanja u kom se nalazi. Neki od primera ovog stanja jesu preveliki umor zbog kog osoba nije u mogućnosti da ostane budna i fokusirana na vožnju ili situacija kada se osoba nalazi pod uticajem alkohola i drugih psihoaktivnih supstanci. I ovoj kategoriji ljudi bi dobrodošao lični vozač koji bi ih prevezao na željenu lokaciju.

#### 5.6.5 Osobe sa posebnim potrebama

Veliki broj ljudi meša ovu kategoriju ljudi sa prethodom, ali razlika postoji. Glavna karakteristika ove grupe ljudi je ta da oni usled svog mentalnog stanja ili fizičkih oštećenja nisu u mogućnosti da samostalno obavljaju veliki broj stvari koje ostali deo populacije smatra uobičajenim. Kada je reč o ovoj kategoriji ljudi, najpoznatija oboljenja iz ove oblasti su Autizam i Daunov sindrom. Dakle, pripadnicima ove kategorije zakonski nije dozvoljeno da se sami kreću ulicama bez prisustva njihovih staratelja ili drugih osoba koje privremeno obavljaju tu ulogu. Samovozeći automobili bi ovim osobama omogućili lak i bezbedan prevoz od njihovih kućnih domova do dnevnih boravaka.

## 5.7 Bahata vožnja i divlji vozači

Iako je procenat ljudi koji se nalazi u ovoj kategoriji mali, zbog njenog uticaja na ostale učesnike u saobraćaju, zaslužuje da bude izvučena kao zasebna celina. Određeni broj vozača svojim vozilima upravlja na izuzetno nebezbedan način po ostale učesnike u saobraćaju krećući se velikim brzinama i nepoštujući osnovna pravila saobraćaja. Neretko prolaze kroz crvena svetla na semaforima, voze suprotnim trakama na putu, ulaze u jednosmerne ulice u suprotnim smerovima, parkiraju svoja vozila na nedozvoljenim mestima. Uglavnom voze pod dejstvom i uticajem alkohola i drugih psihoaktivnih supstanci. Oni su mala, ali visoko rizična kategorija vozača koja može izazvati saobraćajne nesreće sa katastrofalnih razmera, neretko sa smrtnim ishodom drugih učesnika u saobraćaju.

U svetu gde će samovozeći automobili biti široko rasprostranjeni, ljudima će biti zabranjeno da samostalno koriste automobile za prevoz. Iako su mnogi ljudi skeptični kada čuju ovako nešto, ovo je klasičan primer ponavljanja istorije, gde se jedna ovakva situacija odigrala pre otprilike sto godina. Na ulicama svih metropola, konji su bili glavno i najzastupljenije sredstvo prevoza i transporta. Kada su automobili postali široko rasprostranjeni, konjima je postalo zabranjeno da učestvuju u saobraćaju. U današnje vreme, ljubitelji konja mogu jahati konje u zonama i delovima gradova predviđenim za to, poput hipodroma i zemljanih puteva.

Identična situacija će se dogoditi i sa trenutnim automobilima. Jednom kada samovozeći automobili postanu standard, ljudi će sami moći da voze kola u određenim zonama predviđenim za to, na isti način na koji danas mogu upravljati motornim formulama. Kada automobili kojima moraju da upravljaju vozači postanu prošlost, divlji vozači će postati prošlost zajedno sa njima.

## 5.8 Kvalitetnije korišćenje vremena

Može se reći da vozači automobila svoje vreme koriste na ne tako efikasan način. Kada kažem ovo, čak ne mislim ni na situacije gde su bezpomoćno zarobljeni u gužvama i kreću se izuzetno malim brzinama. Mislim na prosečnu gradsku vožnju, tokom koje su vozači prinuđeni da budu skoncentrisani na put i ostale učesnike u saobraćaju.

Oni nisu u mogućnosti da odspavaju, pročitaju knjigu ili odgledaju neki video sadržaj na svojim pametnim uređajima. Međutim i sve ovo će se izmeniti jednom kada samovozeći automobili postanu standard. Vozači će biti u mogućnosti da se prepuste čarima vožnje i da tokom iste malo i odremaju, jer će biti u sigurnim rukama softvera koji će se pobrinuti da bezbedno i neometano stignu od početne do krajnje lokacije. Moći će produktivnije da koriste svoje vreme i da pregledaju mail-ove ili prosto započnu svoj radni dan onog trenutka kada uđu u svoja pametna vozila. Očekuje se da će doći do povećanja produktivnosti ljudi kao bića, jer će im veliki deo vremena biti vraćen da ga bolje iskoriste.

Kao kad su nastali i ostali kućni uređaji namenjeni da nam uštede vreme i olakšaju svakodnevnicu poput mašine za pranje veša, mašine za pranje sudova, mirkotalasne pećnice, ljudi su sami odlučili kako žele da iskoriste svoje novodobijeno slobodno vreme. Neki ljudi su ga koristili da provode više vremena sa porodicom i prijateljima, neki su postali produktivniji, a neki su počeli više da uživaju u industriji zabave gledajući filmove i serije, igrajući igrice.

Zbog mobilnih telefona i ostalih pametnih uređaja koji će pratiti svaki naš korak i potez, biće veoma jednostavno izmeriti koliki broj ljudi je pribegao kojoj vrsti prethodno navedenih aktivnosti.

## 5.9 Usluge na točkovima

Već u današnje vreme neke od kompanija zadužene za prevoz putnika se trude da ostanu što konkurentnije i da svojim inovacijama pridobiju što veći broj putnika. Primer jedne takve kompanije je kompanije Lift (Lyft) koja planira da u svoju flotu automobila za prevoz putnika uvrsti i ona putnička vozila koja će umesto standardnih sedišta posedovati krevete. To će omogućiti putnicima vozila da malo odremaju tokom vožnje. U budućosti kada vozači taksi servisa budu zamenjeni samovozećim automobilima, očekuje se sve veći broj ovakvih vozila na ulicama.

Jedan od primera može biti i pokretni restoran. Dakle, automobil je potrebno preurediti tako da u sebi poseduje sto predviđen za jelo. Restoran bi mogao servirati ceo ručak u tom automobilu i uputiti ga na lokaciju klijenta. Klijent bi seo u kola i započeo svoj obrok. Tokom same vožnje, klijent bi bio u mogućnosti da uživa u hrani u miru, razgleda grad i stigne bezbedno do željene lokacije.

Zamisliste sledeći scenario. Potrebno je 30 minuta da putujete od jednog do drugog dela grada. Umesto da iznajmite standardno taksi vozilo, vi iznajmljujete masažna kola. Po vas stiže samovozeći automobil koji u sebi ima sto za masažu i fizioterapeuta. S obzirom da će samovozeći automobili izuzetno dozirano menjati brzine, ljudi neće imati osećaj da se kreću. Kada putnik stigne na krajnju lokaciju, masaža se već završila, a fizioterapeut je u mogućstvu da pokupi narednog najbližeg putnika na toj lokaciji. Putnik je dobio prevoz i masažu, a fizioterapeut poseduje kancelariju na točkovima koja mu omogućava da ima klijente širom grada. Cena rentiranja nekog dobrog lokala u centru grada bi ga izašla približno slično kao i kupovina malog samovozećeg kombija na rate, tako da na ovaj način može imati mušterije po celom gradu.

Ista situacija će se najverovatnije dogoditi i sa restoranima brze hrane koji će početi da prave i distribuiraju svoju hranu iz samovozećih kombija. U budućnosti će multidisciplinarnost i kombinovanje više različitih usluga i servisa postati standard i ono što će pojedine firme razdvajati od njiove konkurencije.

## 5.10 Navigacioni sistemi

U ovom poglavlju će biti opisane prednosti koje poseduju vozači koji prilikom svojih vožnji koriste neki od navigacionih sistema. Za razliku od ljudi koji mogu, a ne moraju da koriste navigacione sisteme, samovozećim automobilima je to jedini način kako mogu osmisлити i realizovati kretanja.

Velika prednost leži u tome što se pre započinjanja vožnje određuje optimalna ruta kojom će se vozilo kretati. Ta ruta ne mora nužno da bude najkraća, jer veliki broj parametara utiče na odabir rute. Jedna stvar je zagarantovana, a to je da će ta ruta biti optimalna po nekom od parametara. Neki parametri koji se uzimaju u obzir su ograničenja brzina, trenutne gužve na putovima, da li su ulice zatvorene zbog rekonstrukcija, itd.

Ljudi često previde neki od gore navedenih parametara, na primer, upadnu u gužvu iako su je mogli izbeći da se se kretali susednim putem, ili ne znaju da se neka ulica rekonstruiše, pa moraju nepotrebno kružiti da bi je zaobišli. Često se dešava i da pogrešno skrenu ili omaše put, jer smo nesavršena bića koja mogu lako biti ometena.

Samovozećim automobilima, odnosno navigacionim sistemima se ne mogu dogoditi ti propusti, jer svaki put prilikom odabira rute kretanja koriste sve parametre za odabir rute, u donošenju svoje odluke nisu subjektivni i ne mogu biti dekoncentrisani.

### 5.10.1 Rasterećenje trase

Kada veliki broj učesnika u saobraćaju (ljudi i samovozećih vozila) bude koristio navigacione sisteme za kretanje, oni će biti u mogućnosti da predvide kolika će biti zakrčenja saobraćaja i moći će preventivno da reaguju.

Šta to konkretno znači? Dakle, kada uoče da je veliki broj vozača odabrao da se kreće između neka dva dela grada, preusmeravaće vozila na obližnje puteve, kako bi rasteretili glavni put kretanja i na taj način će svim vozilima omogućiti da što brže stignu od početne do krajnje lokacije krećući se sve vreme putevima na kojima nema gužvi.

### 5.11 Službe hitnih intervencija

U današnje vreme, vozači mogu registrovati službe hitnih intervencija tek kada im se dovoljno približe da mogu čuti njihove sirene ili videti njihovu svetlosnu signalizaciju. Često se dogodi da ih prekasno primete da bi mogli dovoljno brzo odreagovati kako bi im omogućili neometanu vožnju. Neki vozači zbog muzike u kolima ili nedovoljne pažnje ne registruju ova vozila uopšte, što dodatno usporava njihovo kretanje. Česti su i slučajevi gde zbog gužvi u saobraćaju, svi automobili ne mogu dovoljno brzo pomeriti kako bi službe hitnih pomoći mogle odreagovati.

U svetu gde su samovozeći automobili široko rasprostranjeni, službe hitnih pomoći će neometano moći da se kreću putvima. Kada služba hitne pomoći dobije poziv i krene ka nekoj lokaciji, ona će to svima na toj ruti objaviti. Sva vozila na putu će biti obaveštena da treba da propuste službe hitnih pomoći, tako da će se unapred skloniti i omogućiti im neometan prolaz.

## 6 Potencijalne loše strane samovozećih automobila

Kada je reč o samovozećim automobilima, ne smemo zaboraviti ni njihove loše strane. U ovom delu rada ću pomenuti neke od stvari koje se smatraju najvećim manama samovozećih automobila, i za svaku od njih ću obrazložiti zašto bi trebalo da pronađemo način kako da ih prevaziđemo.

### 6.1 Sudski sporovi

Kao što smo već rekli, tehnologija samovozećih automobila nije savršena i daleko je od toga. Mnogo vremena će proći pre nego što samovozeći automobili postanu potpuno bezbedni za sve učesnike u saobraćaju. Saobraćajne nesreće će se događati, ali će ih kroz vreme biti sve manje, i na kraju će potpuno nestati.

Najveći broj nesreća se očekuje tokom tranzicionog perioda dok se po ulicama budu kretali samovozeći automobili zajedno sa automobilima kojima budu upravljali vozači. Naime, s obzirom da samovozeći automobili neće moći jasno da iskomuniciraju svoje namere ostalim vozilima i obrnuto, dešavaće se da samovozeći automobili loše procene namere drugih učesnika u saobraćaju i tako izazovu sudare. Prilikom takvih sudara, biće veoma teško utvrditi ko je kriv i odgovoran za nesreće. Ukoliko se ispostavi da je odgovorno samovozeće vozilo, koga bi krivično trebalo teretiti za to? Kompaniju koja je proizvela vozilo? Osobe koje su napravile hardver, osobe koje su pravile softver ili putnike u automobilu koji nisu upravljali vozilom?

Postoji dosta zakonskih pitanja koja nisu rešena i za koja se ne vidi jasno rešenje u skorijoj budućnosti, ali to ne znači da bi ta pitanja trebalo da ostanu nerešena, već bi trebalo više da se pozabavimo njihovim rešavanjima kako bismo što pre pronašli odgovore.

## 6.2 Hakerski napadi

Kao jedan od glavnih kontra argumenata protiv samovozećih automobila se navodi njihova bezbednost u slučaju masovnih hakerskih napada. Spekuliše se da bi terorističke organizacije mogle hakovati glavne računare zadužene za koordinaciju samovozećih automobila i na taj način izazvati tragedije ogromnih razmera u svetu gde su samovozeći automobili visoko zastupljeni.

Iako je jedan ovakav ishod vrlo malo verovatan da se dogodi, ne bi ga trebalo zanemariti, jer ukoliko bi se obistinilo, razmere tragedije bi bile nesagledive. Zbog toga, sve kompanije koje razvijaju samovozeća rešenja bi trebalo da se fokusiraju na sajber bezbednost svojih vozila kako bi bila potpuno bezbedna od hakerskih napada.

Velike kompanije poput Tesle i Gugla, svake godine organizuju takmičenja na kojima se učesnici takmiče da hakuju njihove automobile. Pobednicima takmičenja slede veoma lepe i zanimljive nagrade. Kompanije od ovih takmičenja imaju velike koristi, jer na ovaj način uspevaju da saznaju slabosti svojih proizvoda i bezbedonosne propuste na kojima moraju poraditi. Mnogo je bolje preventivno shvatiti ove stvari i na vreme ih otkloniti, nego saznati za njih kad se tragedije već dogode.

Dobar primer da veliki sistemi od izuzetnog značaja za čitavo čovečanstvo mogu opstati i pored hakerskih napada su verovatno bankarski sistemi. U današnje vreme većina novca je u digitalnom obliku. Banke širom sveta obavljaju milijarde transakcija na dnevnom nivou koristeći se raznim uređajima, terminalima i sistemima trgovanja. Neke od transakcija se dešavaju i posredstvom mobilnih aplikacija. Pored tolike izloženosti, bankarski sistemi uspešno odolevaju hakerskim napadima. Ovo je dobar i jasan primer koji bi sve samovozeće kompanije trebalo da prate i poštuju kako bi ostale bezbedne i van domašaja hakera koji mogu prouzrokovati štete nesagledivih razmera.

### 6.3 Nepotrebnost radne snage i prekvalifikacije

Ljudi koji ne bi voleli da samovozeći automobili postanu stvarnost javno propagiraju koliko su oni loši i koliko će direktno i indirektno života i porodica razoriti jednom kada počnu svakodnevno da se koriste. Samovozeći automobili se sami voze, što znači da nemaju potrebu za ljudskim vozačima. Jednom kada postanu svakodnevica i čovečanstvo ne bude imalo više potrebe za vozačima veliki broj taksista, šoferi, kamiondžija i mnogih drugih ljudi poput dostavljača i auto instruktora će ostati bez posla.

U Engleskoj početkom 20. veka u agrikulturi je 43% stanovništva radilo. Kako su godine prolazile, a tehnologija postajala sve efikasnija i modernija, potreba za ljudskom radnom snagom je opadala. U današnje vreme, manje od 10% stanovništva je zaposleno u agrikulturi. Dakle, ova tranzicija se već nekoliko puta dogodila u ljudskoj istoriji i nastaviće da se ponavlja sve dok mašine budu postajale bolje u obavljanju zadataka koje danas obavljaju ljudi. [29]

Svi vozači koji ostanu bez poslova, moraće da pronađu alternativne načine kako će zarađivati novac. Potrebno je da odu na obuke i da se prekvalifikuju za druge poslove. Za mnoge će proces biti izuzetno težak, jer su verovatno većinu života proveli kao vozači, na to su navikli, a to i vole.

Kada govorimo o ovom problemu, dobra stvar je je ta što samovozeći automobili neće preko noći zameniti vozače, već će taj proces biti dugotrajan. Proći će dosta vremena pre nego što počnu masovna otupštanja vozača. S obzirom da svi vozači imaju još dosta vremena na raspolaganju da se prilagode transformaciji koja sledi, bilo bi odlično kada bi još danas počeli razmišljati čime bi još mogli da se bave jednom kada se radna mesta vozača automatizuju.

## 6.4 Prirodne katastrofe

Veliki problem koji može nastati je taj što samovozeći automobili neće znati kako da se ponašaju u situacijama kada su gradovi pogođeni nekom prirodnom katastrofom. Kada se u nekom gradu dogodi zemljotres, zgrade se raspadnu, ulice se deformišu, saobraćani znakovi i delovi zgrada se nađu na putu. Svetlosna signalizacija ne radi, trake na kolovozu se više ne mogu videti. Za vožnju ulicama jednim takvim gradom potrebni su izuzetni refleksi, opreznost i predviđanje šta se sve može dogoditi ukoliko vozač prođe nekom od tih ulica. Takođe, veliki broj puteva je neprohodan zbog šteta koji se na njima nalazi.

U jednom takvom scenariju, samovozećim automobilima će biti izuzetno teško da se samostalno kreću, jer njihovi modeli nisu trenirani niti predviđeni za takve okolnosti. Ukoliko samovozeći automobili koji se tada budu nalazili na ulicama ne poseduju volane, ljudima će biti onemogućeno da ih koriste. Ukoliko se donese zakon da svi samovozeći automobili moraju posedovati opremu potrebnu za manuelno upravljanje vozilima, a jedna ovakva katastrofa se dogodi određen broj godina nakon što su samovozeći automobili masovno počeli da se koriste, veliki broj ljudi neće umeti adekvatno da upravlja njima.

Da bi se jedna ovakva situacija izbegla, potrebno je da obučimo vozila i za ovakve okolnosti. Takođe je potrebno da nastavimo da obučavamo i ljude da voze, kako bi bili sposobni da reaguju i u ovakvim situacijama.

## 6.5 Ljudska signalizacija

U među prelaznom periodu, dok se na ulicama budu nalazili automobili kojima upravljaju ljudi i samovozeći automobili, mnogo puta će se dogoditi situacije u kojima će ljudi sugerisati automobilima šta bi trebalo da urade.

Često se dešava da se stvori gužva na nekoj raskrsnici i da policajac dođe da tu zbrku razreši. On obično propušta vozila po svojoj ličnoj proceni, uglavom suprotno svetlosnoj signalizaciji u datom trenutku. Jako je teško proceniti koliko će samovozeći automobili i da li će uopšte moći da se snalaze u ovakvim situacijama. Ponekad je čak i nama ljudima teško da protumačimo namere policajaca i drugih aktera u saobraćaju poput pešaka koji neretko pokazuju jedno, a urade nešto sasvim drugo.

## 7 Kako zapravo rade samovozeći automobili

Svaka nova tehnologija se zasvina na unapređivanju i međusobnom konbinovanju dve ili više različitih tehnologija. Samovozeći automobili su za jako kratko vreme doživeli veliku ekspanziju zahvaljujući velikom rastu sledeće tri grane industrije:

1. **IoT(Internet of things – mali senzori prikačeni na internet) Senzori** su omogućili da automobili prikupljaju veliki broj informacija od sredine u kojoj se nalaze. Primeri nekih od senzora su kamere, parking senzori, lidar, sonar, radari, infracrvene kamere i mnogi drugi.
2. **IoT povezanost** je omogućila da se prikupljeni podaci brzo prikupe, obrade i redistribuiraju. Kada govorimo o ovoj oblasti, najviše mislimo na serverske mašine koje dobijaju enormne količine podataka koje pretvaraju u informacije i šalju nazad automobilima. Ovo ne bi bilo moguće bez razvoja interneta kao i 4G, i 5G mreža.
3. **Softverski algoritmi** igraju ključnu ulogu u ovim sistemu i bez njih ništa od ovoga ne bi bilo moguće. Algoritme je potrebno usavršavati i optimizovati kako bi koristili što manje resursa, a radili što brže. U ovoj oblasti, jednu od ključnih uloga, odigrao je i razvoj veštačke inteligencije, neuralnih mreža i dubokog učenja. [30]

Iako ljudima vožnja automobila deluje kao rutinska stvar koju obavljaju nesvesno, ona je sastavljena od velikog broja kompleksnih stvari o kojima ne vodimo računa, jer su nam prosto prešli u naviku. Samovozeći automobili, isto kao i mi, u svakom trenutku „razmišljaju“ o svim tim stvarima. Ako bismo ceo taj proces i sistem odlučivanja morali razložiti na neke jasne manje celine, onda bi to verovatno bile celine prikazane na narednoj fotografiji.

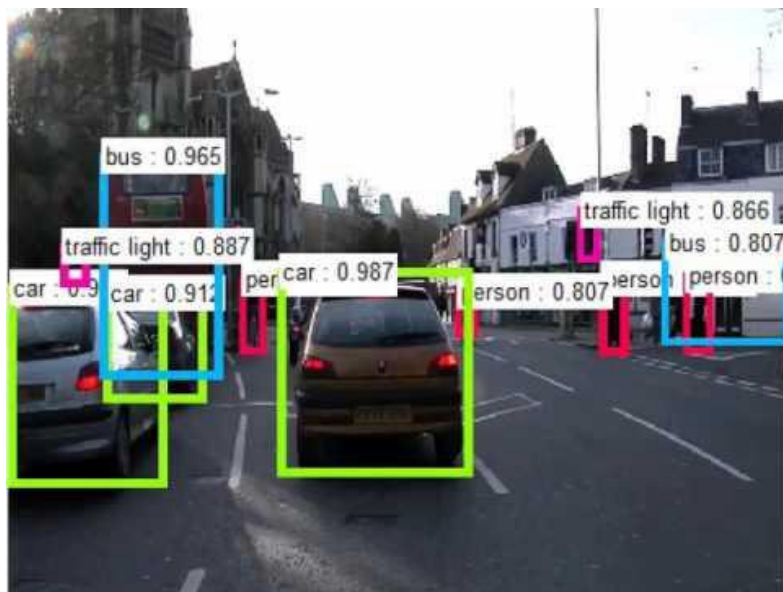


## 7.1 Računarski vid (Computer Vision)

Računarski vid je doživeo svoju ekspanziju u poslednjoj deceniji zahvaljujući razvoju sledećih oblasti:

1. **Podaci** – Da bi se modeli mašinskog učenja istrenirali, potrebne su ogromne količine podataka. Paralelno se razvijalo par stvari koji je to omogućilo. U svetu se pojavio veliki broj pametnih uređaja koji su generisali podatke. Internet infrastruktura je bivala sve kvalitetnija i mogla je prenositi sve veći broj podataka u jedinici vremena, a cene hardvera za spremanje podataka su drastično opale. Sve je to bio preduslov koji je omogućio čovečanstvu da poseduje enormne količine podataka spremne za obradu.
2. **Hardver za obradu podataka** – U poslednjoj deceniji, zahvaljujući brzom razvoju hardvera namenjenog za obradu podataka, nastao je hardver dovoljno dobar za izvršavanje algoritama mašinskog učenja. Naučnici su takođe shvatili da se obučavanje modela daleko brže izvršava na grafičkim karticama nego na procesorima koji su u to vreme bili namenjeni za obradu i procesiranje podataka. Obe ove stvari su drastično umanjile vreme potrebno za treniranje modela.
3. **Algoritmi mašinskog učenja** – Iako su algoritmi mašinskog učenja nastali sredinom prošlog veka, tek nedavno su dobili svoju primenu i vrednost na tržištu i u naučnoj zajednici, a preduslov za ovako nešto su svakako bile dve prethodno pomenute komponente.

### 7.1.1 Prepoznavanje objekata



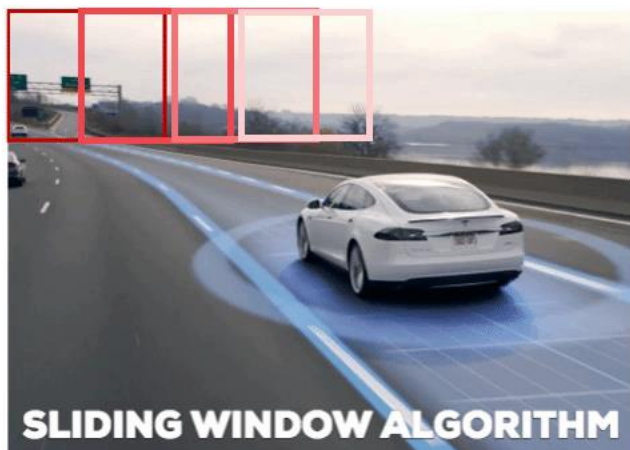
Na prethodnoj fotografiji je moguće videti kako samovozeći automobili vide svet. Na fotografiji se nalaze saobraćajni znakovi, vozila i pešaci. Uz pomoć algoritama mašinskog učenja možemo uočiti sve objekte koje su algoritmi prepoznali i njihovu verovatnoću, odnosno koliko su algoritmi sigurni da su prepoznali pomenute objekte.

Prepoznavanje objekata se sastoji od klasifikacije objekta i lokalizacije objekta

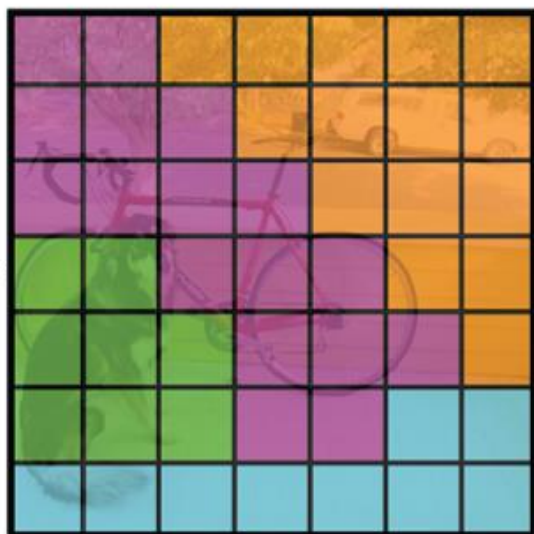
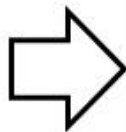
**Klasifikacije objekata** – Klasifikacija objekta je proces u kom algoritmi mašinskog učenja sa određenim verovatnoćama zaključuju da li su prepoznali neki objekat u regiji koju trenutno analiziraju. Da bi konvoluciona neuralna mreža mogla prepoznati objekte na slici, mora biti pohranjena sa velikim brojem primera kako objekti izgledaju. Za razliku od ljudi koji mogu zaključiti da li je nešto neki objekat ili nije na osnovu samo jednog ili par uzoraka, mašinama su potrebni setovi podataka koji sadrže daleko više objekata svake vrste.

Stari pristup rešavanja ovog problema je bio sledeći: Uzeli bismo kvadrat određene veličine i pomerili bismo ga duž cele fotografije za određeni broj piksela. Svaki put kad bismo ga pomerili, za taj deo fotografije u kom se nalazi kvadratić bismo proveravali da li se u njemu nalazi naš željeni objekat. Pored toga što se ovaj proces izuzetno vremenski skup, jer za svaku fotografiju imamo veliki broj pomeranja kvadratića i proveravanja za svaki od njih da li kvadratić sadrži neki objekat, takođe je i neefikasan. Ukoliko se neki objekat nalazi na fotografiji, ali je daleko manji ili veći nego naš kvadratić, objekat neće biti prepoznat. Zato je potrebno da sliku smanjimo i povećamo i ponovimo isti postupak pomeranja kvadratića kako bismo bili sigurni da li se na fotografiji nalazi neki od objekata iz našeg seta podataka.

Primer možete videti na fotografiji ispod.



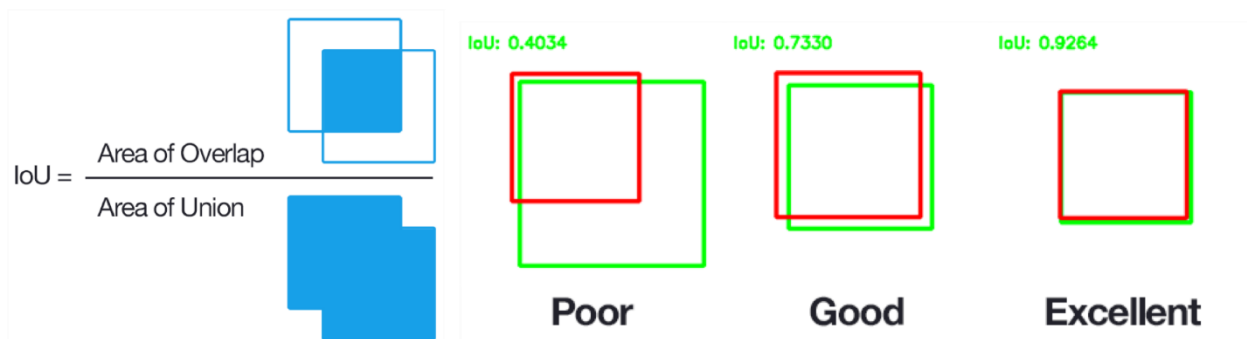
Novi pristup za pronalaženje objekta na slici se zove JOLO (You **O**nly **L**ook **O**nce – ti gledaš samo jednom). Ovaj princip se zasniva na istom načinu na koji ljudi prepoznaju objekte. Dakle, samo na osnovu jednog gledanja fotografije, algoritam mora da klasifikuje svaki od kvadrata na neki od objekte iz svog seta podataka.



Na kraju, nakon što fotografija prođe kroz JOLO model, kao izlaz modela dobijamo matricu verovatnoće koja nam za svaki od kvadrata sa određenom verovatnoćom kaže kom tipu objekta bi mogla da pripada. JOLO radi tako što na osnovu svih malih kvadratića računa kolika je verovatnoća da se neki objekat zaista nalazi u nekom delu fotografije kada se svi parčići slože u određenom obliku. Daleko je efikasniji od starog pomenutog metoda, jer mu je dovoljan samo jedan prolaz kroz celu fotografiju. [32]

**Lokalizacije objekata** je proces u kom treba da se utvrdi gde se pronađeni objekat nalazi na fotografiji. U opisu prethodnog algoritma je moguće videti da se za izlaz modela dobija matrica verovatnoće. Za svaku od tih ćelija je potrebno utvrditi da li i kom objektu pripada. Dakle, za utvrđivanje da li neko polje u matrici pripada određenom objektu koristi se sledeća formula. Za

svako od polja računamo koliko iznosi količnik preseka dva kvadrata i njihovih unija. Što je broj bliži jedinici, to je šansa veća. Za sva polja za koja čiji je količnik ova dva broja manji od neke granice (npr. 0.5 ili 0.6), možemo reći da ne pripadaju ni jednom od objekata iz našeg seta podataka.



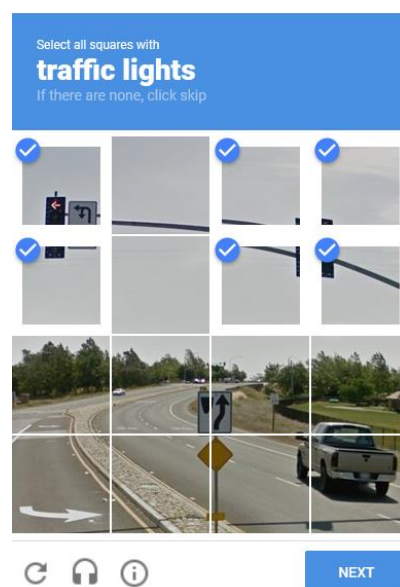
Kombinovanjem dve prethodno pomenute tehnike, možemo detektovati objekte u fotografiji i znati njihovu lokaciju. U samovozećim automobilima, ceo ovaj proces je potrebno da se dešava u realnom vremenu bez kašnjenja i grešaka, jer svako eventualno kašnjenje ili greška mogu imati katastrofalne posledice po sve učesnike u saobraćaju.

U godinama koje dolaze, algoritmi za prepoznavanje objekata će se sigurno još dodatno usavršiti, a hardverske komponente će postati još jače, što će dovesti do sve manjih grešaka i kašnjenja.

### 7.1.2 Označavanje podataka

Jako je interesantno pomenuti kako kompanija Vejsmo obrađuje fotografije na kojima se kasnije treniraju njihovi modeli mašinskog učenja. Kada ljudi pokušaju da se uloguju sa svoje gmail naloge, koji su u vlasništvu kompanije Gugl, neretko se dogodi da se od korisnika traži da na fotografiji označi pojedine objekte koji se mogu naći u saobraćaju.

Ukoliko pažljivije pogledamo te fotografije, možemo primetiti da su izdvojene u kvadratiće, sasvim dovoljne veličine da sa na njima može primeniti JOLO algoritam. Označavanjem odgovarajućih polja na kojima se nalaze neki od zadatih objekata, mi ustvari obrađujemo njihove setove podataka na kojima oni treniraju svoje modele.



## 7.2 Fuzija senzora (Sensor Fusion)

Senzori na vozilima nam omogućavaju da se pozicioniramo u prostoru i dobijemo povratnu informaciju o objektima koji se nalaze u našoj okolini. Za ovaj tip problema, postoji veliki broj senzora koji igraju različite uloge. Za svaki od tih senzora, potrebno je razviti posebne algoritme koji nam omogućavaju da povratne informacije što kvalitetnije iskoristimo.

Na primer, ukoliko vozilo poseduje sonar i analizom podataka dobijenih sa sonara utvrdimo da se neki objekat u prostoru kreće, taj podatak nosi mnogo više informacija nego kada bi objekat bio statičan. U tom slučaju se za taj objekat mora izračunati pravac, smer i intezitet kretanja. Potrebno je pretpostaviti nameru kretanja, kao i činjenicu kako će kretanje samovozećeg automobila uticati na kretanje objekta. (Ukoliko je pešak krenuo da pređe ulicu van dozvoljenog prelaza, da li će se zaustaviti jednom kada uoči vozilo).

Kombinovanim radom i analizom podataka svih senzora, možemo dobiti veliki broj informacija o sredini u kojoj se nalazimo. Takođe, treba uzeti u obzir i činjenicu da neće svi senzori uvek biti precizni, u slučaju nekog kvara ili vremenskih uslova u kojima se senzori u određenom trenutku koriste. Sistem je potrebno isprogramirati tako da sve ove stvari može predvideti i reagovati shodno njima. Pogrešne informacije su daleko gora pojava, nego da ih nemamo uopšte.

### 7.3 Lokalizovanje (Localization)

Kada pričamo o lokalizovanju, veoma je bitno razgraničiti i sve vreme voditi računa o tome:

- Gde se vozilo nalazi u odnosu na planetu, odnosno gde se nalazi na njoj
- Gde se objekti u okolini nalaze u odnosu na vozilo i kako intereaguju s njim

Odgovor na oba pitanja dobijamo obradom i kombinovanjem podataka sa senzora i kamera koja koriste samovozeća vozila. Sve dobijene informacije koje nam pomažu da odgovorimo na prethodna dva pitanja koristimo prilikom planiranja rute kretanja.

### 7.4 Planiranje puta (Path planning)

Planiranje puta je najbitnija stvar na kojoj se zasnivaju samovozeći automobili. Upravo planiranje puta nam određuje kako i kuda će se vozilo kretati.

Planiranje puta se može podeliti na dva zasebne celine koje sve vreme međusobno intereaguju:

- Globalna ruta kretanja
- Lokalna ruta kretanja

#### 7.4.1 Planiranje globalne rute kretanja

Kada pričamo o planiranju globalne rute kretanja, mislimo na sve one ulice kroz koje bi trebalo proći kako bi se stiglo od početne do krajnje lokacije kretanja. Mapa grada se može svesti na težinski graf gde svaka ulica nosi neku od težina koja se preračunava na osnovu parametara korisnika. Ukoliko je neka ulica zatvorena, njena težina će težiti beskonačnosti ili ta grana neće postojati u grafu. Ukoliko je korisnik rekao da ne želi da se kreće autoputem, autoputevi će za tu situaciju biti predstavljeni velikim težinama. Kada se ceo problem svede na težinski graf obično se optimalna ruta kretanja računa uz pomoć Dajkstrinog ili A\* algoritma[33]

#### 7.4.2 Planiranje lokalne rute kretanja

Pod lokalnim planiranjem rute kretanja se podrazumevaju rute unutar puteva kojima će se vozila kretati kako bi se maksimizovala bezbednost vozača i ostalih učesnika u saobraćaju, odnosno minimalizovala mogućnost sudara. Za lokalne rute kretanja samovozeće vozilo ima veliki spektar heuristika koje koristi u različitim situacijama.

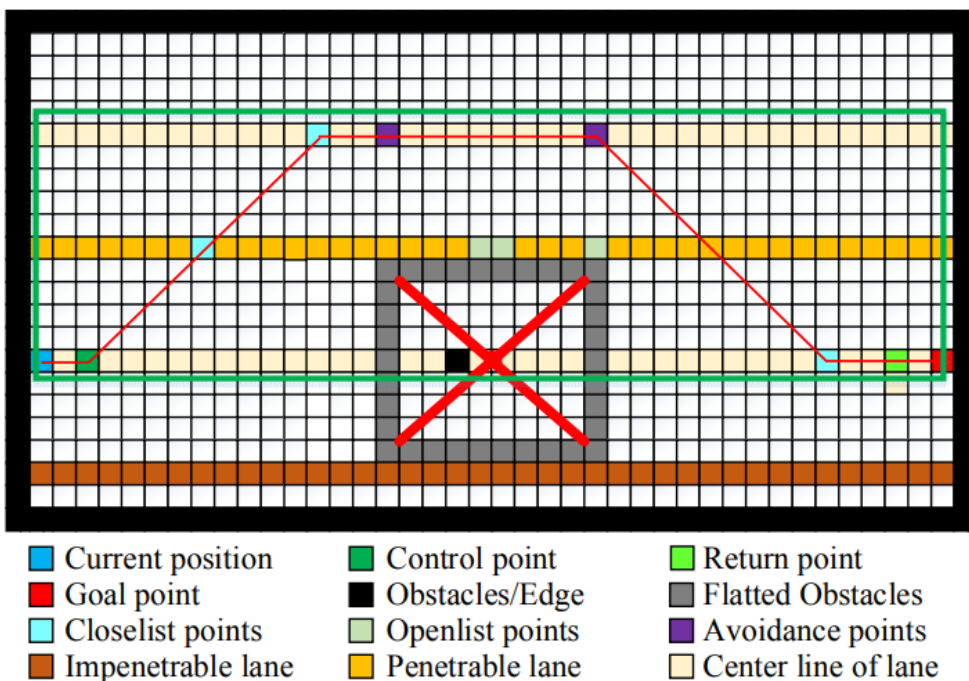
Za bezbedno kretanje autonomnih vozila jako bitna stvar je da poseduju mapiran prostor po kom se kreću. Autonomna vozila preferiraju korišćenje unapred dizajniranih i modelovanih 3D mapa

prostora po kojima se kreću. Takve mape izrađuju specijalne firme namenski za korišćenje od strane samovozećih automobila. Takve mape u sebi poseduju podatke o svakoj rupi na putu, dozvoljenim skretanjima, ograničenjima brzina, pravima prvenstva prolaza na raskrsnicama i mnogim drugim parametrima koji direktno i indirektno utiču na kretanja vozila. Vozilo se obično pozicionira unutar mape koristeći lidar ili obrađivanjem snimaka sa običnih kamera koje se nalaze na spoljašnjosti vozila. Postoje posebni algoritmi i tehnike kako se vozila ponašaju u situacijama kada se kreću delovima puteva koji nisu unapred izmodelovani, odnosno delovima puteva koji se ne nalaze u njihovim 3D mapama. Naučnici sa MIT univerziteta su u maju 2018. godine objavili da su osmislili algoritam koji omogućava neometano kretanje autonomnih vozila u situacijama kada ne poseduju izmodelovan prostor.

#### 7.4.3 Izbegavanje prepreka i sudara

Kada samovozeći automobil primeti prepreku u pravcu kretanja odmah vrši preračunavanje lokalne rute kretanja, odnosno kalkuliše da li je u tom momentu moguće bezbedno izbeći prepreku promenom trake kretanja ili je potrebno započeti zaustavljanje vozila. Jedna od metoda kojom se vrši ovo računanje jeste primenom algoritma pod nazivom "Pretraga sa skokom (Jump Point Search)". Algoritam pretraga sa skokom je optimizovana verzija algoritma A Zvezda ( $A^*$ ).

Da bismo uspešno koristili metod pretrage sa skokom, potrebno je da imamo graf ili matricu. Kamere samovozećeg automobila, zajedno sa njegovim procesorom modeluju realni svet u obliku matrice gde svakih par kvadratnih centimetara predstavlja jedno polje matrice kao što se može videti na primeru ispod.



Plavi kvadratić predstavlja početnu poziciju vozila, a crveni željenu krajnju poziciju. Svako gore navedeno polje pored svoje pozicije unutar matrice takođe ima i svoju heuristiku dodeljenu od

strane samovozećeg automobila. Dodeljivanje heuristike je veoma kompleksan i složen proces koji se obavlja od strane algoritama veštačke inteligencije i kao takav neće biti detaljnije objašnjen u ovom radu, jer je toliko opširan da ceo rad može biti napisan o njemu. A\* algoritam i pretraga sa skokom su posebno obrađeni u narednom poglavlju.

## 7.5 Upravljanje vozilom (Control)

Kada deo sistema zadužen za planiranje puta donese konačnu odluku na osnovu svih prikupljenih podataka kako i kuda bi vozilo trebalo da se kreće, sledi poslednja faza celog procesa. U ovoj fazi, sistem za planiranje puta saopštava poslednjem delu sistema šta bi bila optimalna trasa za kretanje, a ovaj sistem proverava da li je pod datim okolnostima moguće i na kojim način tako nešto uraditi. Ukoliko se vozilo kreće velikom brzinom, a prethodni sistem je rekao da bi za 20 metara vozilo trebalo da skrene naglo u levo, to je odluka koja mora biti korigovana naspram trenutnih okolnosti.



Na primeru sa slike, moguće je videti dve linije. Žuta linija predstavlja optimalnu putanju kojom bi vozilo trebalo da se kreće, dok zelena predstavlja putanju kojom bi moglo i kojom će se kretati na osnovu trenutne pozicije i brzine kretanja. Idealna situacija je kada se žuta i zelena linija u potpunosti poklapaju.

## 8 Algoritmi za izbegavenj prepreka na putu (A \*)

Algoritam A\* je visoko rasprostranjeni algoritam koji služi za pronalaženje najkraćeg puta između dve tačke. Za njegovu rasprostranjenost su zaslužne njegove performanse i preciznost pronalaženja željenog rezultata. U praksi su se korisnijim pokazali algoritmi koji pred-procesuju ceo graf kako bi dobili bolje performanse prilikom traženja najmanje udaljenosti između dve tačke. [34]

Peter Hart, Nils Nilsson i Bertram Raphael sa Stenfordovog istraživačkog centra su prvi objavili algoritam 1986. On se smatra kao dodatak Dajkstrinog algoritma objavljenog 1959 godine. A\* je ostvarila bolji performansu zbog korišćenja heuristike prilikom traženja najkraćeg puta.

### 8.1 Istorija A\* algoritma

A\* algoritam je kreiran kao deo Shakey projekta kome je glavna namena bilo kreiranje mobilnog robota koji bi mogao da planira sopstvene akcije. Nils Nilsson je originalno predložio korišćenje običnog algoritma za obilaženje grafa za pronalaženje najkraćeg puta, odnosno sledeće akcije koja će biti izvedena. Prvobitni algoritam za obilaženje grafa je koristio samo funkciju  $h(n)$  koja je predstavljala predpostavljenu distancu od noda  $n$  do krajnjeg noda, a potpuno zanemarivala  $g(n)$  koji predstavlja udaljenost od početnog do trenutnog noda. Bertram Raphael je predložio korišćenje njihovih suma odnosno  $g(n) + h(n)$ . Peter Hart je osmislio koncept koji danas nazivamo prihvatljivost i doslednost heuristične funkcije. A\* je originalno dizajnirana za pronalaženje puta najmanje težine kada je cena puta predstavljala sumu ivičnih težina, ali je bilo pokazano da A\* može biti korišćena za pronalaženje optimalnog puta za bilo koji problem koji zadovoljava uslovne težine algebre. [34]

### 8.2 Opis rada algoritma

A\* algoritam je primenjiv isključivo na težinskim grafovima. Počinje od početnog noda grafa i ima za cilj da pronade putanju do zadatog željenog noda korišćenjem najmanje težine (pod težinom se može podrazumevati težina puta, količina goriva, distanca ili generalno cena koštanja puta).

$g(n)$  predstavlja težinu između dva noda

$h(n)$  predstavlja heuristiku noda

$f(n)$  je funkcija koja se dobija kao kao zbir prethodne dve funkcije

$f(n) = g(n) + h(n)$

### 8.3 Pseudo kod

1. Algoritam započinje tako što početni nod postavljamo za trenutni nod.

2. Za trenutni nod izračunavamo vrednost funkcije  $f$  za sve njemu susedne nodove i dodajemo ih u listu potencijalnih kandidata za sledećeg trenutnog noda.
3. Iz liste kandidata biramo onaj čija je vrednost funkcije  $f$  najmanja.
4. Odabrani nod proglašavamo trenutnim nodom i prethodne korake ponavljamo za taj nod.
5. Algoritam se završava onog trenutka kada trenutni nod postane krajnji, odnosno željeni nod.

`Node_start` je početni nod.

`Node_goal` je kranji nod.

Sve vreme koristimo dve liste: OPEN and CLOSE.

OPEN lista je sačinjena od nodova koji su posećeni, ali još nisu bili proglašeni trenutnim nodovima.

CLOSE lista je sačinjena od nodova koji su bili posećeni.

```

1 Put node_start in the OPEN list with  $f(\text{node\_start}) = h(\text{node\_start})$  (initialization)
2 while the OPEN list is not empty {
3   Take from the open list the node node_current with the lowest
4      $f(\text{node\_current}) = g(\text{node\_current}) + h(\text{node\_current})$ 
5   if node_current is node_goal we have found the solution; break
6   Generate each state node_successor that come after node_current
7   for each node_successor of node_current {
8     Set successor_current_cost =  $g(\text{node\_current}) + w(\text{node\_current}, \text{node\_successor})$ 
9     if node_successor is in the OPEN list {
10      if  $g(\text{node\_successor}) \leq \text{successor\_current\_cost}$  continue (to line 20)
11    } else if node_successor is in the CLOSED list {
12      if  $g(\text{node\_successor}) \leq \text{successor\_current\_cost}$  continue (to line 20)
13      Move node_successor from the CLOSED list to the OPEN list
14    } else {
15      Add node_successor to the OPEN list
16      Set  $h(\text{node\_successor})$  to be the heuristic distance to node_goal
17    }
18    Set  $g(\text{node\_successor}) = \text{successor\_current\_cost}$ 
19    Set the parent of node_successor to node_current
20  }
21  Add node_current to the CLOSED list
22 }
23 if(node_current != node_goal) exit with error (the OPEN list is empty)

```

## 9 Automobili budućnosti

Jednom kada samovozeći automobili potpuno zamene automobile sa ljudskim vozačima, očekuje se da će dimenzije samovozećih automobila početi da se smanjuju. Trenutne dimenzija automobila nisu optimalne i u velikom broju slučajeva se dešava se u vozilima koja su registrovana za 4 ili 5 putnika obično nalaze dvoje ili manje. Trenutni dizajn automobila je takav, jer ih ljudi kupuju na duži vremenski period i potreban im je komfor i mogućnost da prevezu ostale članove porodice. Ta ista vozila uglavnom koriste kada idu do grada ili na posao, a u tim trenutcima putuju sami. Veća vozila su takođe bezbednija kada dođe do udesa, a i lakša za upravljanje pri velikim brzinama.

Kada samovozeći automobili postanu svakodnevnicu moći će da se kreću velikim brzinama, a pritom neće izazivati sudare. Dakle, biće potpuno bezbedni po ostale učesnike u saobraćaju, a zahvaljujući preciznosti njihovih softverskih i hardverskih rešenja, biće stabilna u svim situacijama i neće morati da imaju današnje dimenzije. Takođe se očekuje da ljudi u budućnosti neće posedovati automobile, već će ih iznajmljivati od taksi kompanija. Taksi kompanije će biti u mogućnosti da putnicima pošalju vozila dimenzija adekvatnih za njih. Ukoliko putuje samo jedan putnik, verovatno će po njega doći automobil koji će izgledati kao kapsula, a biti nešto veći od današnjih motora. Ukoliko putuje više putnika, doći će neko vozilo dimenzija predviđenih za njih.

Sve to će omogućiti da gužve potpuno nestanu, a da se u isto vreme na ulicama nalazi više putnika i vozila nego ikad ranije. Kada veliki broj ljudi počne da koristi samovozeća vozila privatnih kompanija, konkurentnost tržišta će dovesti do još većeg broja inovacija i optimizacija postojećih rešenja u tom trenutku.

## 10 Zaključak

U ovom radu je opisana istorija razvoja automobilske industrije, ko su trenutni tržišni igrači i šta možemo očekivati od bliske budućnosti. Pomenute su velike kompanije koje rade na razvoju samovozećih rešenja i opisane su prednosti i mane samovozećih automobila, odnosno njihov uticaj na društvo.

Može se zaključiti da će samovozeći automobili imati pozitivan uticaj na čovečanstvo, ali samo ako se pravilno razvijaju paralelno sa zakonima koji ih neće ograničiti, već im omogućiti što kvalitetnije funkcionisanje i bezbedonosne evaluacije u skladu sa zakonom. Da bi samovozeći automobili postali stvarnost, prvo se kod ljudi mora podići svest o njihovom uticaju i svim benefitima koje ćemo kao čovečanstvo imati od njih.

Vrlo je verovatno da će se trenutni studenti računarskih nauka u nekom trenutku svoje poslovne karijere baviti razvojem rešenja za samovozeća vozila. Neki će na njima raditi direktno, a neki posredno. Jedno je sigurno, oni dolaze i samo je pitanje trenutka kada će u potpunosti zaživeti. Čak i u Srbiji postoji nekoliko firmi koje se bave razvojem samovozećih automobila, a jednu od njih drži moj poznanik. Njen naziv je YDrive. [38]

Ovu temu sam odabrao kako bih se bolje upoznao sa konceptom samovozećih automobila, jer su svakako jedna od stvari bez koje nećemo moći zamisliti svakodnevnicu, a vrlo rado bih voleo da radim na nekoj od funkcionalnosti koja će direktno uticati na zadovoljstvo korisnika.

Za sam kraj, predstavio bih svoje viđenje jednog od potencijalnih modela kako bi samovozeći automobili mogli brzo da se prošire na čitave gradove. Samovozeći automobili su već u današnje vreme veoma bezbedni ukoliko se na ulicama nalaze isključivo sa drugim samovozećim vozilima. U tim situacijama, oni međusobno veoma jasno komuniciraju svoje namere i u takvim situacijama ne dolazi do grešaka niti sudara. Greške nastaju kada autopiloti loše procene namere drugih vozača. Ono što bih predložio jeste da se određeni delovi gradova zatvore isključivo za samovozeće automobile i da samo njima bude dozvoljen pristup (Identično kao što je u strogim centrima nekih evropskih prestolnica dozvoljen ulaz isključivo električnim automobilima). Jednom kada se samovozeći automobili dokažu kao sjajna rešenja u tim uskim i zatvorenim krugovima, trebalo bi samo postepeno povećavati te teritorije u kojima bi bio zabranjen pristup ostalim vozilima kojima ne upravljaju autopilot. Kroz par godina, gradovima bi isključivo cirkulisala samovozeća vozila i ne bi dolazilo do nesreća, a ljudi bi uživali i u svim ostalim benefitima navedenim u ovom radu.

Na samom kraju bih želeo da izrazim zahvalnost:

- **Računarskom fakultetu i svim profesorima** koji su mi omogućili školovanje i pomogli na profesionalnom putu i razvoju. Naučio sam veliki broj različitih stvari i imao priliku da upoznam izvanredne ljude i stručnjake među profesorima i kolegama studentima.
- **dr Dušanu Vujoševiću**, mentoru ovog rada, koji mi je omogućio da obradim jednu ovako zanimljivu i aktuelnu temu, i koji je uvek bio tu za sva moja pitanja i otvoren za sve vrste sugestija.

## 11 Literatura

- [1] <https://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D1%87%D0%B0%D0%BA>
- [2] <https://legal-dictionary.thefreedictionary.com/Brief+History+of+the+Automobile>
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Motor\\_vehicle](https://en.wikipedia.org/wiki/Motor_vehicle)
- [4] <http://www.worldometers.info/world-population/>
- [5] <http://asirt.org/Initiatives/Informing-Road-Users/Road-Safety-Facts/Road-Crash-Statistics>
- [6] [https://www.b92.net/automobili/razno.php?yyyy=2013&mm=08&nav\\_id=742053](https://www.b92.net/automobili/razno.php?yyyy=2013&mm=08&nav_id=742053)
- [7] <http://www.magazinauto.com/senzori-u-automobilima/>
- [8] <https://www.polovniautomobili.com/auto-vesti/saveti/6078/kako-radi-abs-i-zbog-cega-je-vazan>
- [9] <http://tempomat-srbija.com/>
- [10] [https://en.wikipedia.org/wiki/A\\*\\_search\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/A*_search_algorithm)
- [11] <http://mat.uab.cat/~alseda/MasterOpt/AStar-Algorithm.pdf>
- [12] [https://en.wikipedia.org/wiki/Jump\\_point\\_search](https://en.wikipedia.org/wiki/Jump_point_search)
- [13] <https://www.independent.co.uk/environment/pollution-air-clean-water-vehicles-diesel-car-tax-lancet-report-deaths-fatal-disease-a8009751.html>
- [14] <https://harablog.wordpress.com/2011/09/07/jump-point-search/>
- [15] [https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving\\_car](https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car)
- [16] <http://www.mdpi.com/1999-5903/9/3/51/pdf>
- [17] <http://grastien.net/ban/articles/hg-aaai11.pdf>
- [18] <https://harablog.wordpress.com/2011/09/07/jump-point-search/>
- [19] <https://waymo.com/>

- [20] <https://en.wikipedia.org/wiki/Waymo>
- [21] <https://www.digitaltrends.com/cars/everything-you-need-to-know-waymo/>
- [22] <https://www.theverge.com/2018/10/30/18044670/waymo-fully-driverless-car-permit-california-dmv>
- [23] <https://www.zdnet.com/article/googles-autonomous-car-injuries-blame-the-human/>
- [24] [https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla\\_Autopilot](https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Autopilot)
- [25] <https://www.youtube.com/watch?v=RCahWWOSxaw>
- [26] <https://techcrunch.com/2019/03/12/ubers-self-driving-car-unit-was-burning-20-million-a-month/>
- [27] <https://www.theverge.com/2019/3/5/18252423/uber-wont-be-charged-with-fatal-self-driving-crash-says-prosecutor>
- [28] <https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/self-parking-car.htm>
- [29] <https://ourworldindata.org/employment-in-agriculture>
- [30] <https://www.iotforall.com/how-do-self-driving-cars-work/>
- [31] <https://www.youtube.com/watch?v=Ly92UcnoEMY>
- [32] <https://towardsdatascience.com/how-do-self-driving-cars-see-13054aee2503>
- [33] [https://www.vice.com/en\\_us/article/ypwka7/an-algorithm-for-escaping-a-burning-building](https://www.vice.com/en_us/article/ypwka7/an-algorithm-for-escaping-a-burning-building)
- [34] [https://en.wikipedia.org/wiki/A\\*\\_search\\_algorithm](https://en.wikipedia.org/wiki/A*_search_algorithm)
- [35] <http://mat.uab.cat/~alseda/MasterOpt/AStar-Algorithm.pdf>
- [36] [https://en.wikipedia.org/wiki/Jump\\_point\\_search](https://en.wikipedia.org/wiki/Jump_point_search)
- [37] <https://harablog.wordpress.com/2011/09/07/jump-point-search/>

[38] <https://ydrive.ai/>