

Korištenje umjetne inteligencije u prometu

Miličević, Ivan

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:493247>

Rights / Prava: [Attribution 4.0 International](#)/[Imenovanje 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-10**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Science](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD
**KORIŠTENJE UMJETNE INTELIGENCIJE U
PROMETU**

Ivan Miličević

Split, rujan 2023.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD
**KORIŠTENJE UMJETNE INTELIGENCIJE U
PROMETU**

Ivan Miličević

Mentor: Prof.Dr.sc Saša Mladenović

Split, rujan 2023.

Temeljna dokumentacijska kartica

Završni rad

Sveučilište u Splitu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Odjel za informatiku

Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

KORIŠTENJE UMJETNE INTELIGENCIJE U PROMETU

Ivan Miličević

SAŽETAK

U današnjem vremenu svakodnevno možemo svjedočiti razvoju umjetne inteligencije i njezinog potencijala. Sigurno da se jedan od većih potencijala umjetne inteligencije nalazi u području prometa. Značajan napredak umjetne inteligencije za promet, omogućilo je duboko učenje koje pruža mogućnost autonomne vožnje te upravljanje prometom. Uz niz svih pozitivnih aspekata koje umjetna inteligencija donosi, također povlači i negativne posljedice. Negativne posljedice se odnose na pitanja gubitka radnih mjesta kao i na pitanje etike. Ubrzan razvoj umjetne inteligencije će značajno oblikovati budućnost prometa koja se temelji na povećavanju sigurnosti i učinkovitosti.

Ključne riječi: Umjetna inteligencija, promet, automobil.

Rad je pohranjen u knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Rad sadrži: 33 stranice, 10 slika, 00 tablica i 1 literaturnih navoda.

Izvornik je na hrvatskom jeziku.

Mentor: **Dr.sc. Saša Mladenović**, redoviti profesor Prirodoslovno - matematičkog fakulteta.

Ocjenjivači:

Dr.sc. Saša Mladenović, redoviti profesor Prirodoslovno - matematičkog fakulteta, Sveučilište u Splitu

Dino Nejašmić, predavač Prirodoslovno - matematičkog fakulteta, Sveučilište u Splitu

Ivana Marin, predavač Prirodoslovno - matematičkog fakulteta, Sveučilište u Splitu

Rad prihvaćen: Rujan, 2023.

Basic documentation card

Thesis

University of Split
Faculty of Science
Department of Computer Science
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TRAFFIC

Ivan Miličević

ABSTRACT

In today's world, we can see the advancement of artificial intelligence and its potential. The topic of transportation is certainly one where artificial intelligence has the most potential. Significant advancements in traffic-related artificial intelligence have made deep learning possible, opening the door to autonomous driving and traffic control. Along with all the positive aspects that artificial intelligence brings, it also entails negative aspects. The negative implications concern both employment losses and ethical issues. The rapid development of artificial intelligence will significantly impact the future of transportation, which will be predicated on enhancing safety and agility.

Key words: Artificial intelligence, Traffic, car.

Thesis deposited in library of Faculty of Science, University of Split.

Thesis consist of: 33 pages, 10 figures, 0 tables and 1 references

Original language: Croatian

Supervisor: **Saša Mladenović, Ph.D.** Regular Professor of Faculty of Science, University of Split

Reviewers: **Saša Mladenović, Ph.D.** Regular Professor of Faculty of Science, University of Split,

Dino Nejašmić, Lecturer of Faculty of Science, University of Split,

Ivana Marin, Lecturer of Faculty of Science, University of Split

Thesis accepted: September, 2023.

IZJAVA

o samostalnoj izradi završnog rada

Izjavljujem pod punom materijalnom i moralnom odgovornošću da sam ovaj rad pod naslovom „KORIŠTENJE UMJETNE INTELIGENCIJE U PROMETU“ izradio samostalno te da u njemu nema kopiranih ili prepisanih dijelova teksta tuđih radova, a da nisu propisno označeni kao citati s navedenim izvorom iz kojeg su preneseni.

Student

Ivan Miličević

Sadržaj:

1. UVOD.....	1
2. KORIŠTENJE UMJETNE INTELIGENCIJE U PROMETU	3
2.1. Umjetna inteligencija.....	3
2.2. Trenutna primjena umjetne inteligencije u prometu	5
2.2.1. Autonomna vozila.....	5
2.2.2. Ad hoc mreže.....	6
2.2.3. Ad hoc mreže za vozila (VANET)	7
2.2.4. Neuronske mreže	9
2.2.5. Implementacija neuronskih mreža u prometu	10
2.2.6. Primjer postojećeg modela	10
2.3. Problem izbjegavanja sudara	14
2.4. Etika.....	17
2.4.1. Problem „trolejbusa“	18
2.4.2. Rješenje kroz „pojednostavljivanje problema“	19
2.5. Buduće implementacije	20
3. ZAKLJUČAK.....	24
4. LITERATURA	25
5. POPIS SLIKA.....	26

1. UVOD

Umjetna inteligencija kao pojam u društvu se intenzivno koristi prethodnih godina. Sve češće se vode javne rasprave o tome je li umjetna inteligencija prijetnja ljudima, hoće li oduzimati radna mjesta i dovoditi do gašenja raznoraznih zanimanja, i slično. Kako bi razumjeli tematiku umjetne inteligencije uopće, važno je znati što je točno umjetna inteligencija, odnosno koja je njena definicija.

Europski parlament definira umjetnu inteligenciju kao: „...sposobnost nekog uređaja da oponaša ljudske aktivnosti poput zaključivanja, učenja, planiranja i kreativnosti.“ (Europski parlament).

Definiranje umjetne inteligencije je složeno i ovisi o perspektivi iz koje se gleda na umjetnu inteligenciju, tako da se umjetna inteligencija iz perspektive računalnih znanosti definira i kao „...dio računalne znanosti koja se bavi razvojem sposobnosti računala da obavlja zadaće za koje je potreban neki oblik inteligencije.“ (Pejić Back, Spremić i sur., 2020).

U centru obiju definicija je sposobnost nekog uređaja da obavlja složene zadatke koji zahtijevaju određenu kombinaciju karakteristika koje definiraju inteligenciju – kreativnost, planiranje, učenje, zaključivanje.

Iako su navedene karakteristike u definicijama umjetne inteligencije benigne i najčešće pozitivne, umjetna inteligencija sama po sebi ne mora nužno benigna ni pozitivna. Štoviše, fraza „umjetna inteligencija“ je povijesno prisutna u društvu češće u negativnim konotacijama kroz znanstveno-fantastične filmove u kojima se strojevi ili roboti koji steknu umjetnu inteligenciju okrenu protiv ljudi. Kroz prethodno desetljeće rad i istraživanja u računalnim znanostima su dovela do velikih pomaka u razvoju umjetne inteligencije, pa su se njene konotacije izbalansirale, te prešle iz sfere znanstveno-fantastičnih filmova u sferu svakodnevnog života.

Razvoj umjetne inteligencije je donio određene pozitivne rezultate u svakodnevni život kao što su virtualni asistenti mobilnih uređaja, pomaganje u prometu, asistencija u vožnji, no istovremeno je potaknuo dublju i složeniju raspravu o mogućim negativnim posljedicama upotrebe umjetne inteligencije u svakodnevnom životu, preciznije o mogućem izumiranju određenih grupacije

zanimanje u današnjem društvu kao što su zaposlenici iz sektora marketinga, računovodstva, prevoditelja, itd. Osim pozitivnih i negativnih posljedica korištenja umjetne inteligencije, postoji i problem etike, odnosno dilema kakav odnos umjetna inteligencija ima prema etici. Ovo pitanje je važno jer korištenje umjetne inteligencije u kritičnim sustavima će neizbježno dovesti do situacija u kojima će odluke donesene od strane umjetne inteligencije spasiti ili oduzeti ljudski život. Zbog toga se etičke dileme u korištenju umjetne inteligencije u kritičnim sustavima itekako trebaju uzeti u obzir prije same implementacije umjetne inteligencije.

Uz rast količine podataka koji se razmjenjuju i kreiraju svaki dan, sve veći zamah i ubrzani razvoj doživljava disciplina umjetne koja se zove duboko učenje (eng. Deep Learning). Deep Learning pripada podvrsti strojnog učenja, no koristi drukčiji pristup velikim količinama podataka. Deep Learning se oslanja na imitiranje ljudskog mozga na način da analizira velike količine podataka i da kroz što veću količinu podataka stvara poveznice slično neuronskim mrežama ljudskog mozga. Određeni dio razvoja Deep Learninga je povezan s razumijevanjem ljudskog mozga. Kroz napretke u neuroznanosti ostvaruje se napredak i u razumijevanju neuronskih mreža i posljedično razvoj umjetne inteligencije (Taulli, 2019).

Iz podvrste Deep Learninga se izdvojio i Deeptraffic koji pruža rješenja i tehnologije koje omogućuju dinamičko upravljanje prometom. Rješenja koja Deeptraffic razvija se temelje na povezanosti autonomnih vozila te njihovim mogućnostima vezanima uz sudjelovanje u prometu. Krajnji cilj je postizanje pametne i dinamične kontrole prometa (Deeptraffic).

Cilj ovog rada je napraviti pregled trenutne upotrebe umjetne inteligencije, njenih funkcija i alata u prometu, primijetiti postojeće probleme, te pokušati predvidjeti i prikazati mogući daljnji razvoj umjetne inteligencije i njenih alata u prometu u budućnosti.

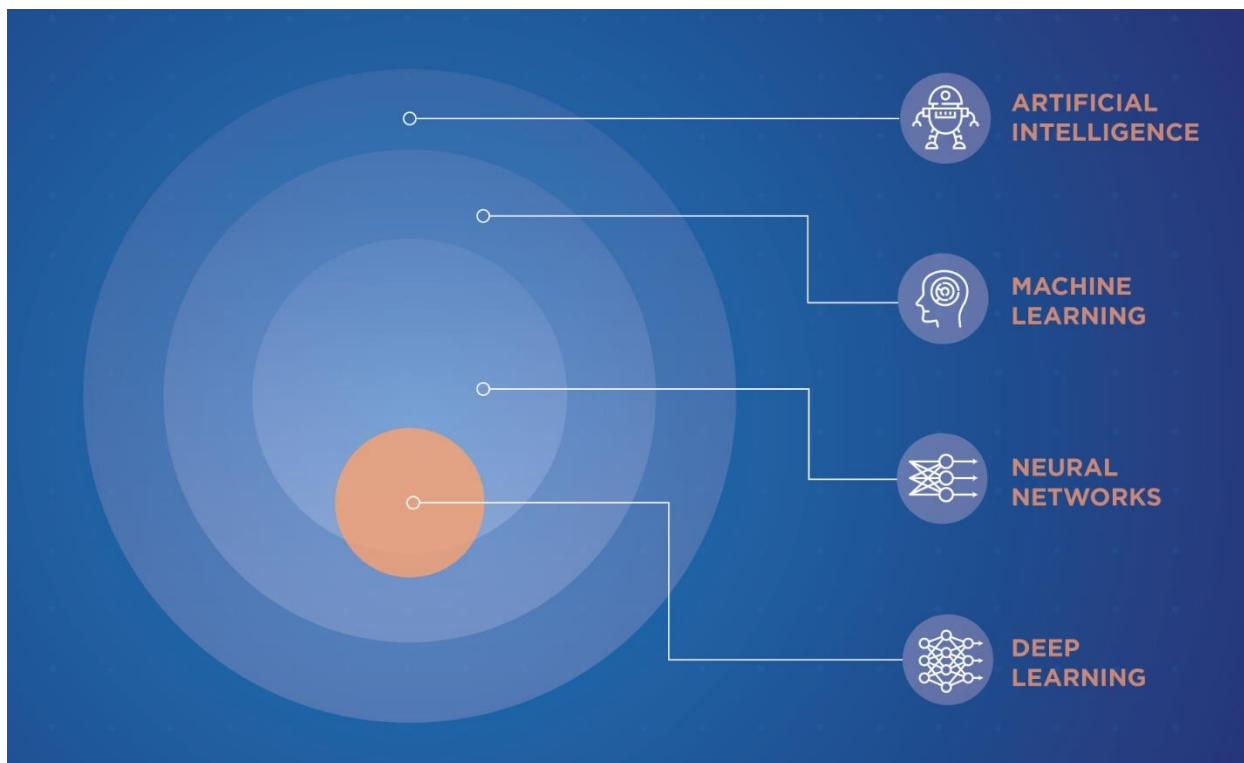
2. KORIŠTENJE UMJETNE INTELIGENCIJE U PROMETU

Korištenje umjetne inteligencije pruža mogućnost upravljanja i predviđanja prometa, a samim tim transportne sustave čini sigurnijim i znatno učinkovitijim. Također može biti korištena pri optimizaciji vremena za prometne signale ili smanjenje gužvi. Najznajčajnija prednost koju pruža primjena umjetne inteligencije u prometu je smanjenje ljudske pogreške, te samim tim i smanjenje rizika od prometnih nesreća.

2.1. Umjetna inteligencija

Tehnologija je iz dana u dan sve više prisutna u našem svakodnevnom životu. Kako bi se zadovoljile potrebe korisnika, algoritmi strojnog učenja koriste sve više kako bi olakšali razne aspekte života. Ovu tehnologiju često možemo susresti na društvenim mrežama, poput automatskog prepoznavanja objekata na fotografijama.

Razumijevanje pojmova umjetna inteligencija(AI), strojno učenje(ML), duboko učenje i neuronske mreže često može biti nejasno. Kako bi lakše razumili i pojednostavili pojmove, možemo ih zamisliti kao niz umjetne inteligencije (AI) sustava poredan od najvećeg do najmanjeg. Pojam umjetne inteligencije (AI) možemo promatrati kao sveobuhvatni sustav, dok na pojam strojnog učenja (ML) možemo gledati kao podskup umjetne inteligencije. Duboko učenje (deeplearning) je polje koje se nalazi pod pojmom strojnog učenje, a na neuronske mreže možemo gledati kao okosnicu algoritma dubokog učenja.



Slika 1AI, ML, DEEPLARNING, NEURAL NETWORKS

Umjetna inteligencija (AI) je najširi pojam od navedenih. Koristi se za strojeve koji oponašuju ljudsku inteligenciju, te ljudske funkcije(kognitivne) kao što su rješavanje problema, učenje.

Strojno učenje je podskup umjetne inteligenciju koji pruža mogućnost optimizaciji. Pomaže na način da se napravi predviđanje koje bi minimaliziralo pogreške koje su nastale iz nagađanja. Velike tvrtke koriste strojnog učenje kako bi preporučile proizvode kupcu na temelju prijašnje kupnje i pretraživanja. Strojno učenje ne zahtijeva nužno označeni skup podataka za informiranje svog algoritma koji nadzire učenje. Ima mogućnost unosa nestrukturiranih podataka (npr. slike,tekst) te automatski može odrediti skup značajki koje razlikuju jedne od drugih.

Kao što smo prethodno naveli duboko učenje (deeplearning) je podskup strojnog učenja. Glavna razlika između strojnog učenja i dubokog učenja odnosi se na to kako svaki algoritam uči i koliko količinu podataka svaka vrsta algoritma koristi. Duboko učenje omogućuje automatizaciju procesa, mogućnost eliminacije ljudske intervencije, također pruža mogućnost korištenja velikih skupova podataka. Ta mogućnost ima važnu ulogu jer se procjenjuje da je čak više od 80 % podataka nestrukturirano. Promatrajući uzorke u podacima, modelu dubokog učenja pruža mogućnost da grupira ulaze. Kako bi poboljšali točnost, model dubokog učenja(deeplearning)

zahtijeva više podatkovnih točaka za razliku od modela strojnog učenja koji se oslanja na manje podatke na temeljnu strukturu podataka.

2.2. Trenutna primjena umjetne inteligencije u prometu

U današnjem vremenu prisutno je par sustava koji su u primjeni. Neki od sustava su: Inteligentni sustav upravljanja prometom (IMTS) - to je sustav koji ima svrhu optimizacije prometa na temelju umjetne inteligencije. Sustav pri analizi prometa koristi razne tehnike umjetne inteligencije kao što je strojno učenje. Drugi sustav koji je prisutan je sustav za nadzor umjetne inteligencije (AIMS) glavna svrha ovog sustava je identifikacija prekršitelja koji se nalaze u prometu te ih kazniti. Sustav pruža pomoć za provedbu prometnih zakona. Sljedeći sustav u nizu primjene je prilagodljivi sustav semafora. Ovaj se sustav najčešće koristi u urbanim područjima kako bi smanjili vrijeme čekanja na temelju prilagodbe trenutnim uvjetima. Svi navedeni sustava doprinose poboljšanje i sigurnost prometnih sustava, također navedeni sustavi se temelje na korištenju dubokog učenja, strojnog učenja i ostalih tehnika umjetne inteligencije.

2.2.1. Autonomna vozila

Važnost i mogućnosti korištenja umjetne inteligencije u kritičnim sustavima se vrlo lako prepoznaju u autonomnim vozilima. Autonomna vozila predstavljaju evoluciju automobilske industrije u kojoj će automobili biti u mogućnosti potpuno neovisno sudjelovati u prometu.

Neovisno, autonomno sudjelovanje vozila u prometu, bez vozača bi teoretski trebalo većim dijelom izbrisati ljudsku grešku kao glavni uzrok prometnih nesreća, te na taj način značajno povećati sigurnost svih sudionika u prometu.

Kako bi neko vozilo bilo autonomno, potrebno je da to vozilo posjeduje mogućnost opažanja okoline oko sebe. Samo opažanje okoline nije ni blizu dovoljno za autonomnost vozila. Tek nakon dugih i repetitivnih procesa opažanja okoline, vozilo će iz velike količine podataka moći kroz primjere naučiti kakvo je ponašanje u prometu sigurno i koje sprječava odnosno umanjuje mogućnost kobnih grešaka.

Iako je autonomnost vozila opsežna tematika, važno je istaknuti kako postoje različite razine autonomnosti, te se one klasificiraju na sljedeći način:

- Razina 0: „No driving automation“ – klasična vozila bez automatiziranih autonomnih funkcija
- Razina 1: „Driver assistance“ – vozila s jednom autonomnom karakteristikom (npr. mijenjanje trake)
- Razina 2: „Partial driving automation“ – vozila s mogućnošću samostalnog ubrzavanja, kočenja i mijenjanja trake
- Razina 3: „Conditional driving automation“ – vozila koja u određenim uvjetima mogu autonomno obavljati vožnju bez sudjelovanja vozača.
- Razina 4: „High driving automation“ – vozila koja u običajnim uvjetima mogu autonomno obavljati vožnju, no primjerice u lošem vremenu gube autonomnu funkcionalnost
- Razina 5: „Full driving automation“ – vozila s punom autonomnosti (Bartneck i sur., 2021).

Unatoč ubrzanom razvoju autonomnih vozila, i dalje na tržištu ne postoji potpuno autonomno vozilo koje može samostalno upravljati procesima vožnje bez ikakvog uplitanja vozača.

2.2.2. Ad hoc mreže

Ad Hoc mreža je bežična mreža koja se gradi na spontan način i pri tome omogućuje povezivanje dva ili više uređaja bez potrebe za mrežnom infrastrukturnom opremom. Ove vrste mreži zahtijevaju minimalnu konfiguraciju i mogu se brzo postaviti, što ih čini korisnim za hitne slučajeve. Ad hoc mreže mogu biti korištene za komunikaciju s uređajima u blizini kada je vrijeme od velike važnosti, a postavljanje kablova nije izvedivo. Svaki čvor koji se nalazi u ad hoc mreži sudjeluje pri usmjeravanju kako bi se prosljedili podatci drugim čvorovima, a odabir koji će čvor prosljediti podatke, temelji se na povezanosti mreže te se vrši dinamički. Neke od prednosti ad Hoc mreža su:

Jeftina komunikacija: Ad hoc mreže ne zahtijevaju infrastrukturni hardver kao što su pristupne točke ili bežični usmjerivači, što ih čini jeftinim načinom izravne komunikacije.

Jednostavna konfiguracija: Ad hoc mreže lako se konfiguriraju i nude učinkovit način komunikacije s uređajima u blizini kada je vrijeme bitno, a postavljanje kablova nije izvedivo.

Fleksibilnost: Ad hoc mreže su vrlo fleksibilne i mogu se lako postaviti u različitim okruženjima i mogu se prilagoditi različitim aplikacijama i scenarijima, što ih čini idealnim za korištenje u hitnim situacijama ili vojnim operacijama, gdje možda ne postoji već postojeća mrežna infrastruktura.

Autonomna priroda: Ad hoc mreže zahtijevaju minimalnu ljudsku intervenciju za konfiguriranje mreže, stoga su po prirodi dinamički autonomne.

Manje ranjive na sigurnosne prijetnje: Privremene, često improvizirane kvalitete ad hoc mreža mogu ih učiniti manje ranjivima na sigurnosne prijetnje.

Praktičnost: ad hoc mreža koja povezuje mali broj uređaja mogla bi biti praktičnija od tradicionalne mreže temeljene na infrastrukturi koja može povezati puno više uređaja. Općenito, ad hoc mreže nude isplativ, fleksibilan način izravne komunikacije između uređaja koji se lako konfigurira, što ih čini korisnim u raznim situacijama u kojima tradicionalna mrežna infrastruktura nije dostupna ili izvediva.

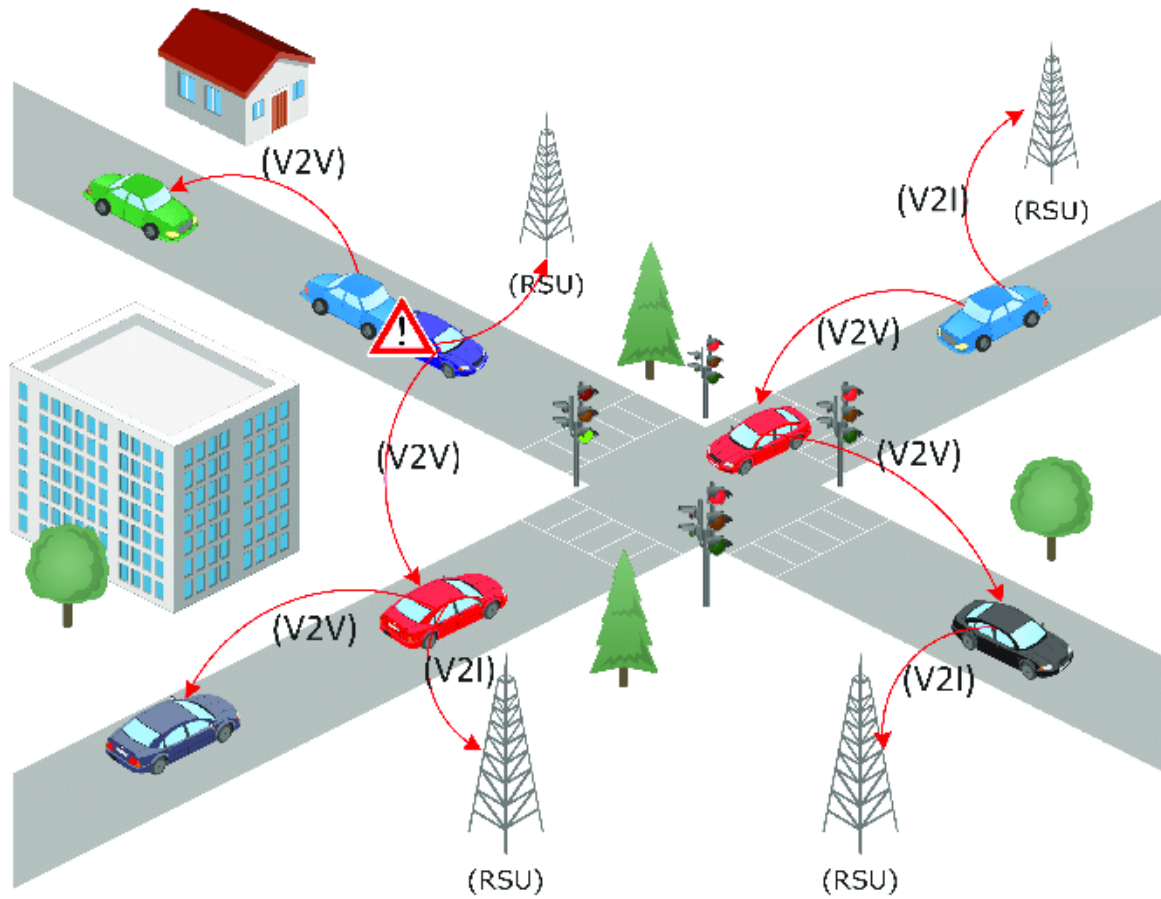
Primjene Ad Hoc mreže: 1) Ad hoc mreže koristi vojska za održavanje komunikacije između vojnika, vozila u raznim operacijama. 2) Komunikacija vozilima: Ad Hoc mreže vozila (VANET) koriste vozila kao čvorove u mreži za stvaranje mobilne mreže. VANET se može koristiti za razne aplikacije, kao što su, upravljanje prometom, izbjegavanje sudara i razmjenu informacija među vozilima. 3) Hitne situacije: Ad hoc mreže prikladne su za hitne situacije kao što su prirodne katastrofe ili vojni sukobi, gdje tradicionalna mrežna infrastruktura može biti nedostupna ili prekinuta. Te se mreže mogu brzo rasporediti kako bi se omogućila komunikacija među osobama koje su prve reagirale i ugroženim pojedincima.

2.2.3. Ad hoc mreže za vozila (VANET)

Ad hoc mreže za vozila (VANET) su bežične mreže koje povezuju grupe vozila u pokretu i omogućujući komunikaciju i razmjenu informacija među njima. VANET-ovi se stvaraju primjenom principa mobilnih ad hoc mreža (MANET-ovi) na domenu vozila. VANET-ovi imaju značajnu ulogu u pružanju sigurnosti i udobnosti vozačima u automobilskim okruženjima, nudeći prednosti kao što su pametna kontrola prometa, informacije u stvarnom vremenu. Ali velike brzine i česti prekidi veza između voznih čvorova mogu imati utjecaj na performanse mreže. VANET-ovi se mogu svrstati u dvije kategorije komunikacije:

Vozilo-vozilo (V2V): Komunikacija između vozila.

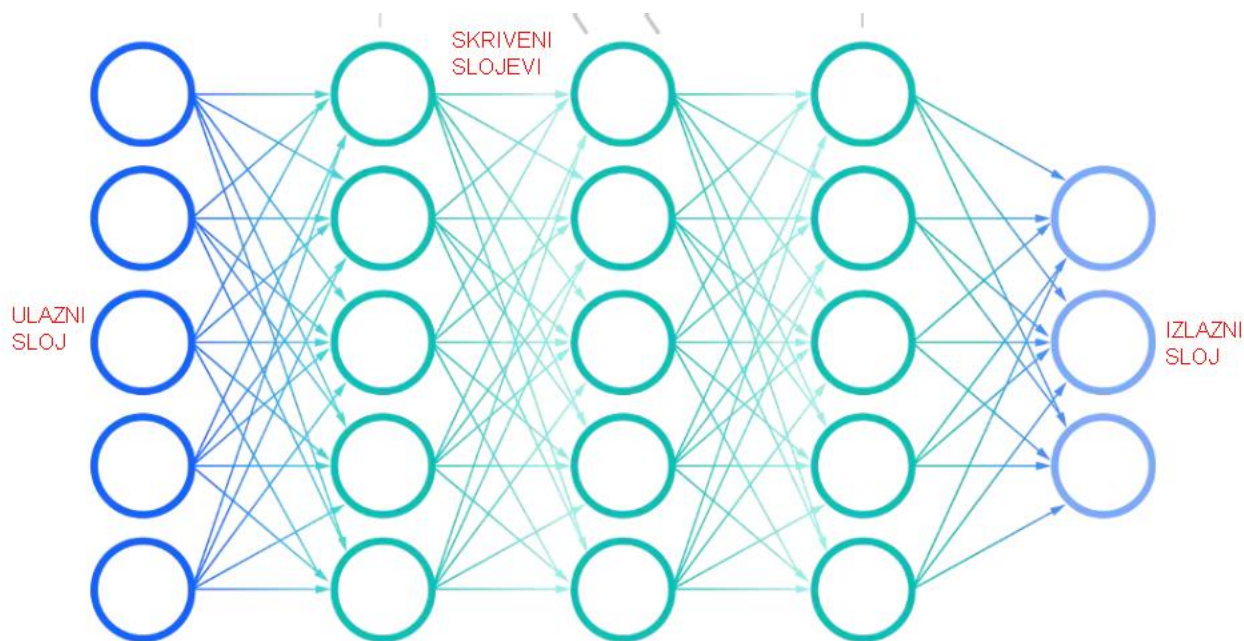
Vozilo-infrastruktura (V2I): Komunikacija između vozila i infrastrukture, kao što su jedinice uz cestu (RSU) ili mobilne mreže.



Slika 2 VANET komunikacija

2.2.4. Neuronske mreže

Neuronske mreže su podskup strojnog učenja odnosno okosnica su algoritma dubokog učenja. Nazivaju se „neuralni“ jer oponašaju način na koji neuroni u ljudskom mozgu komuniciraju jedni s drugima.



Slika 3 Duboke neuronske mreže

Sastav neuronskih mreža je – ulazni čvor, jedan ili može biti više skrivenih slojeva, te izlazni sloj. Svaki čvor u neuronskoj mreži možemo zamisliti kao umjetni neuron koji se povezuje sa sljedećim, a svaki sadrži vrijednost praga i težinu. Ako je izlazni čvor iznad vrijednosti praga, taj se čvor aktivira i šalje podatke sljedećem sloju u mreži. Ako je ispod vrijednosti praga, u tom slučaju podaci ne prolaze. Podaci za treniranje su informacije koje se koriste za podučavanje neuronskih mreža i pomažu poboljšati njihovu točnost tijekom vremena. Kada su algoritmi učenja dobro podešeni, oni mogu postati jako moćan alat za računalne znanosti i umjetne inteligencije jer pružaju mogućnost brzog klasificiranja i grupiranja podataka. Pojam „dubine“ u dubokom učenju odnosi se na dubinu slojeva u neuronskoj mreži. Neuronska mreža koja sadrži tri ili više slojeva sa ulazom i izlazom, smatra se algoritmom dubokog učenja.

2.2.5. Implementacija neuronskih mreža u prometu

Implementacija neuronskih mreža može se provesti na više načina što rezultira poboljšanim predviđanjem i upravljanjem prometa. Neuronske mreže su korištene za predviđanje prometa u stvarnom vremenu, odnosno korištene su za predviđanje količine prometa. Jedno od popularnijih rješenja za predviđanje prometa su grafičke neuronske mreže. Možemo reći da korištenje neuronskih mreža kao rezultat ima značajan napredak u upravljanju prometa te predviđanju koje se temelji na učenju iz prošlih podataka, također ima napredak za predviđanje budućih prometnih uvjeta što omogućava smanjenje prometnih gužvi. Pri procesu predviđanja prometa, neuronske mreže sadrže ograničenja. Neuronske mreže se u određenim situacijama, teško može razumijeti kako su došle do određenog predviđanja. Uz poteškoće razumijevanja predviđanja, problem može biti i točnost jer točnost modela ovisi o količini i kvaliteti podataka koje se koriste pri treniranju. Pri korištenju neuronskih mreža, u obzir treba uzeti moguća ograničenja.

2.2.6. Primjer postojećeg modela

Realizirao sam projekt koji predstavlja simulaciju automobila koji se autonomno kreće i načina donošenja odluka tijekom izbjegavanja prepreka koje mu se nalaze na putu. Želimo omogućiti automobilu da uspješno izbjegne prepreke ispred sebe te da se kreće naprijed. Automobili u stvarnosti imaju mnogo složenije procese i algoritme za donošenje odluka te koncepte za duboko učenje. Tijekom realizacije ovog projekta izradio sam model automobila koji sadrži 5 zraka(rays). Zrake imaju ulogu senzora odnosno detektiranje ostalih automobila i rubova ceste.

```

class Sensor {
  constructor(car) {
    this.car = car;

    this.rayCount = 5;
    this.rayLength = 150;
    this.raySpread = Math.PI / 2;

    this.rays = [];
    this.readings = [];
  }

  update(roadBorders, traffic) {
    this.#castRays();

    this.readings = [];

    for (let i = 0; i < this.rays.length; i++) {
      this.readings.push(
        this.#getReading(this.rays[i], roadBorders, traffic)
      );
    }
  }

  #castRays() {
    this.rays = [];

    for (let i = 0; i < this.rayCount; i++) {
      const rayAngle =
        lerp(
          this.raySpread / 2,
          -this.raySpread / 2,
          this.rayCount == 1 ? 0.5 : i / (this.rayCount - 1)
        ) + this.car.angle;

      const start = { x: this.car.x, y: this.car.y };
      const end = {
        x: this.car.x - Math.sin(rayAngle) * this.rayLength,
        y: this.car.y - Math.cos(rayAngle) * this.rayLength,
      };
      this.rays.push([start, end]);
    }
  }
}

```

```
#getReading(ray, roadBorders, traffic) {...  
}  
  
draw(context) {  
  for (let i = 0; i < this.rayCount; i++) {  
    let end = this.rays[i][1];  
  
    if (this.readings[i]) {  
      end = this.readings[i];  
    }  
  
    context.beginPath();  
    context.lineWidth = 2;  
    context.strokeStyle = 'yellow';  
    context.moveTo(this.rays[i][0].x, this.rays[i][0].y);  
    context.lineTo(end.x, end.y);  
    context.stroke();  
  
    context.beginPath();  
    context.lineWidth = 2;  
    context.strokeStyle = 'black';  
    context.moveTo(this.rays[i][1].x, this.rays[i][1].y);  
    context.lineTo(end.x, end.y);  
    context.stroke();  
  }  
}
```

Kroz ovaj kod se radi implementacija klase senzora za automobil koji se nalazi u simulacijskom okruženju. Glavna uloga klase senzor je detektiranje okoline oko automobila, detektiranje se odnosi na promet te granice ceste.

Također tijekom realizacije ovog projekta implementirali smo i neuronske mreže. Početak funkcioniranja neuronski mreža počinje, kada senzor detektira „nešto“ u blizini. Nakon detekcije signal se čita, radi se analiza zatim se šalje u prvu razinu neuronske mreže kao ulaz, dok za izlaz dobivamo izračun na prvoj razini koji predstavlja zbroj težine veze pomnožen s ulazom.

```

class NeuralNetwork {
  constructor(neuronCounts) {
    this.levels = [];

    for (let i = 0; i < neuronCounts.length - 1; i++) {
      const level = new Level(neuronCounts[i], neuronCounts[i + 1]);
      this.levels.push(level);
    }
  }

  static feedForward(givenInputs, network) {
    let outputs = Level.feedForward(givenInputs, network.levels[0]);

    for (let i = 1; i < network.levels.length; i++) {
      outputs = Level.feedForward(outputs, network.levels[i]);
    }

    return outputs;
  }

  static mutate(network, amount = 1) {
    network.levels.forEach((level) => {
      for (let i = 0; i < level.biases.length; i++) {
        level.biases[i] = lerp(
          level.biases[i],
          Math.random() * 2 - 1,
          amount
        );
      }

      for (let i = 0; i < level.weights.length; i++) {
        for (let j = 0; j < level.weights[i].length; j++) {
          level.weights[i][j] = lerp(
            level.weights[i][j],
            Math.random() * 2 - 1,
            amount
          );
        }
      }
    });
  }
}

```

```

class Level {
  constructor(inputCount, outputCount) {
    this.inputs = new Array(inputCount);
    this.outputs = new Array(outputCount);
    this.biases = new Array(outputCount);

    this.weights = [];

    for (let i = 0; i < inputCount; i++) {
      this.weights[i] = new Array(outputCount);
    }

    Level.#randomize(this);
  }

  static #randomize(level) {
    for (let i = 0; i < level.inputs.length; i++) {
      for (let o = 0; o < level.outputs.length; o++) {
        level.weights[i][o] = Math.random() * 2 - 1;
      }
    }

    for (let i = 0; i < level.biases.length; i++) {
      level.biases[i] = Math.random() * 2 - 1;
    }
  }

  static feedForward(givenInputs, level) {
    for (let i = 0; i < level.inputs.length; i++) {
      level.inputs[i] = givenInputs[i];
    }

    for (let o = 0; o < level.outputs.length; o++) {
      let sum = 0;

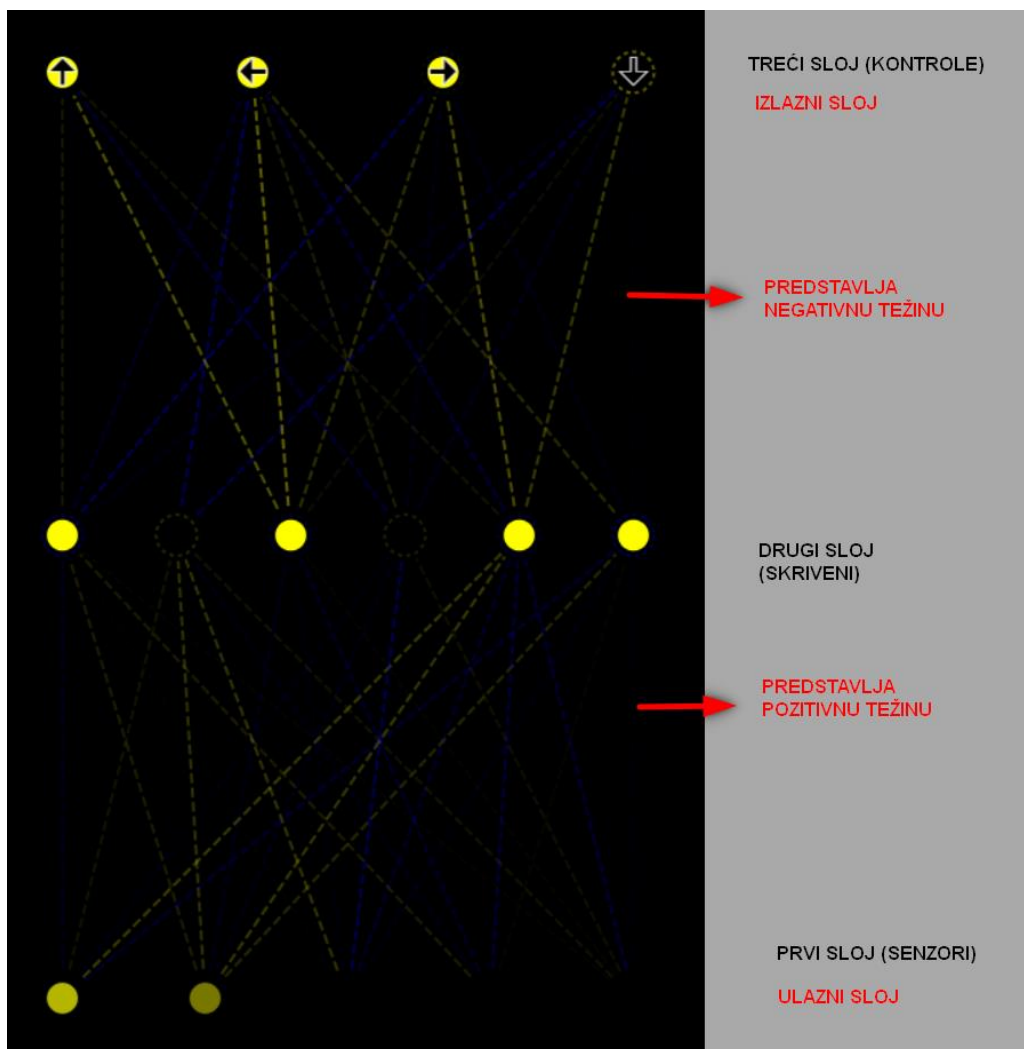
      for (let i = 0; i < level.inputs.length; i++) {
        sum += level.inputs[i] * level.weights[i][o];
      }

      if (sum > level.biases[o]) {
        level.outputs[o] = 1;
      } else {
        level.outputs[o] = 0;
      }
    }

    return level.outputs;
  }
}

```

Ovaj kod implementira neuronsku mrežu koja uz pomoć razina može obavljati različite zadatke strojnog učenja.



Slika 4 Neuronska mreža

2.3. Problem izbjegavanja sudara

Pri izbjegavanju sudara u automobilima prisutni su sustavi koji funkcioniraju na način da čak i ako se sudar ne može u potpunosti izbjeći, da se smanji težina nesreće koliko je god moguće. Težina nesreće odnosi se na svako smanjenje oštećenja imovine, ozljeda te gubitka života. Rješenje se nalazi u različitim sensorima koji pružaju sposobnost otkrivanja prepreka pred vozilima koja se kreću. Sustav može upozoriti vozača ili čak preuzeti korektivne radnje, sve ovisi o implementaciji

sustava. Jedan od glavnih razloga implementacije takvih sustava su redovite studije koje provode agencije poput Europske komisije o novim sigurnosnim tehnologijama. U studijama se pojavljuju uvjerljivi dokazi koji upućuju na potencijal tehnologije za spašavanje života. Studije su došle do zaključka da određene tehnologije mogu ogromno pridonijeti smanjenju sudara na stražnjim krajevima. Slične studije su provedene i u Europskoj uniji, što je rezultiralo donošenjem odredbi Europske komisije 2011. godine. Odredbama su postavljeni rokovi za implementaciju i uvođenje sustava za izbjegavanje sudara u automobilskoj industriji. Obavezno je bilo imati sustave za kočenje do 2013. godine, dok su za proizvođače osobnih vozila dobili više vremena za implementaciju sustava do 2015. godine. Prema ovim propisima, svaki proizvođač automobila je razvio vlastite tehnologije sustava za izbjegavanje sudara koje su dostupne na tržištima Europske unije i ostalim tržištima. Sustavi za izbjegavanje sudara funkcioniraju na način da povlače podatke iz senzora koji koriste adaptivne sustave za kontrolu brzine. Senzori mogu koristiti lasere, radare ili druge tehnike koje služe za mapiranje fizičkog prostora koje se nalazi ispred vozila. Kada sustav izbjegavanja sudara prima podatke preko senzora on obavlja izračune kako bi utvrdio moguće prepreke. Ako je razlika brzine između vozila i prepreke ispred prevelika, sustav može obaviti različite zadatke. Najjednostavniji sustav za izbjegavanje sudara su trenutno usmjereni na slanje upozorenja vozačima, s nadom da će na vrijeme signalizirati potrebu za kočenjem. Neki sustavi za izbjegavanje sudara u određenim situacijama mogu čak aktivirati kočnice u suradnji s automatskim kočenjem ili pomoći pri naglom kočenju. To omogućava dodatnu količinu snage pri pritisku papučice za kočenje, što značajno doprinosi smanjenju ozbiljnosti nesreće. Uz automatsko kočenje tu se mogu također aktivirati i druge radnje poput: automatskog zatezača sigurnosnog pojasa, prilagodljiva svjetla, noćni vid. Ako postoji mogućnost na prednji sudar, sustav će upozoriti vozača na neposredan sustav sa vozilom koje se nalazi ispred njega. Ako postoji mogućnost sudara s vozilom ispred, unutar 2,7 sekundi pri trenutnoj brzini vožnje, sustav će aktivirati zvučne i svjetlosne signale upozorenja.



Slika 5 Upozorenje za razmak

Prilikom preostrojanja u drugu traku postoji mogućnost od sudara sa drugim automobilima. Kada se preostrojavamo moramo koristiti retrovizore, a preostrojanje dodatno otežava i „mrtvi“ kut. Kao pomoć vozačima isporučuje se tehnologija usmjerena na uočavanje vozila u mrtvom kutu. Senzori koji su smješteni na zadnje branike konstantno prate situaciju oko vozila. Ako se drugo vozilo nalazi u opasnoj zoni, sustav će upozoriti vozača putem retrovizora prikazivanjem crvenog trokuta. Ukoliko vozač ignorira ovo upozorenje te uključi pokazivač kako bi prešao u drugu traku, u tom slučaju crveni trokut će početi treptati, zatim će se uključiti i zvučno upozorenje na opasnost. Kod novijih automobila gdje je prisutna novija tehnologija vozači mogu biti upozoreni čak putem vibracija na upravljaču. Postoji mogućnost da sustav šalje upozorenje iako ga nema. Npr. ako se želimo preostrojiti iz iz desne trake u srednjoj, a drugo se vozilo nalazi u krajnjoj lijevoj traci sustav može poslati upozorenje te izazvati nepotrebno uznemiravanje.



Slika 6 Upozorenje za mrtvi kut

2.4. Etika

Korištenje umjetne inteligencije u kritičnim sustavima je korisno, posebno u sustavima i situacijama u kojima je vrijeme reakcije od presudnog značaja. Primjerice u prometu, posebno pri višim brzinama, vrijeme reakcije određuje put kočenja, što posljedično znači hoće li doći do prometne nesreće. U takvim situacijama će korištenje umjetne inteligencije u prosjeku rezultirati s kraćim vremenom reakcije od ljudske reakcije. Očigledne i presudne prednosti korištenja umjetne inteligencije u ovom kritičnom sustavu su brzina obrade podataka te posljedično reagiranje na dobivene podatke - pretakanje reakcijske brzine u brzu akciju kao što su početak kočenja, držanje smjera, zaustavljanje, i slično.

Navedeni primjer je dosta pojednostavljen jer je promet kao takav puno složeniji i kompliciraniji od samo brze reakcije na jednu stvar. Veliki dio kritičnih sustava, ne samo u prometu, ima i veliki segment etike koji treba uzeti u razmatranje prilikom odlučivanja u kojim trenucima i na koji način se može koristiti umjetna inteligencija u kritičnim sustavima.

2.4.1. Problem „trolejbusa“

Ljudski i strojni pristup rješavanju složenih problema isprepletenih etikom je suštinski različit. Uzmimo na primjer naširoko poznati „problem trolejbusa“. Pojednostavljeno, problem glasi:

„Zamislite jureći trolejbus ili tramvaj koji se munjevito približava prema 5 ljudi koji su zavezani ležeći na tračnicama. Vi to gledate i imate šansu da ih spasite tako što možete povući polugu koja će poslati tramvaj na drugi kolosijek. Jedini problem je u tome što na tom drugom kolosijeku leži zavezan za tračnice – jedan čovjek. Što ćete učiniti? Odbiti ikako reagirati i gledati kako 5 ljudi pogiba ili ćete preusmjeriti tramvaj i tako gledati kako umire jedan čovjek, kako bi onih 5 bilo spašeno?“ (Geek).

Problem trolejbusa je puno puta diskutiran i modificiran, no on sam po sebi nema konačnog rješenja. U problemu trolejbusa jedna grupacija ljudi zauzima stav da se ne žele direktno miješati u „prirodni“, već postavljeni sustav, pa će radije pustiti da trolejbus nastavi svojim tokom i pregazi 5 ljudi. S druge strane, druga grupacija ljudi smatra kako je direktno upletanje u sustav kako bi se smanjio broj ljudskih žrtava ispravan postupak bez obzira što bi svjesno uplitanje dovelo do smrti osobe koja bi inače preživjela.

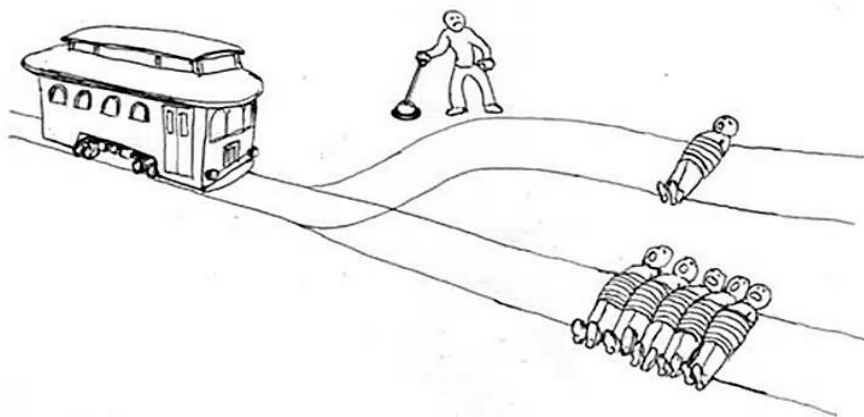
Ovaj problem je pravi primjer kako rješenje problema iz ljudske perspektive nije nužno u broju spašenih života. Iz ljudske, šire perspektive možda i nema rješenja ovog problema.

S druge strane, uzmimo u razmatranje moguću reakciju umjetne inteligencije u ovom hipotetskom kritičnom sustavu. Što bi za sustav koji koristi umjetnu inteligenciju bilo etički uraditi u ovom slučaju? Gledano kroz brojčane vrijednosti, možda sustav umjetne inteligencije ima rješenje problema – jednostavno „žrtvovati“ jednu osobu za spas pet osoba. No, ako je to odgovor na ovu etičku dilemu, to povlači nova pitanja:

- Tko određuje što je sustavu koji koristi umjetnu inteligenciju etično, a što ne?
- Tko odgovara za stečeni set etičkih vrijednosti?
- Hoće li sustav etičkih vrijednosti imati mogućnost nadogradnje, ili će biti onakav kakvim ga se postavi?
- Kako prevenirati moguće zloupotrebe?

Bez dileme je da će se korištenjem umjetne inteligencije u kritičnim sustavima doći do situacije u kojoj će set etičkih vrijednosti sustava umjetne inteligencije odrediti hoće li neka osoba preživjeti ili umrijeti. A u slučaju nepovoljnog ishoda, tko će biti odgovoran za taj set etičkih vrijednosti i izgubljeni život?

Gore navedena pitanja predstavljaju etički problem u korištenju umjetne inteligencije u kritičnim sustavima. Problem koji se ne može riješiti bez pojednostavljanja problema.



Slika 7 Problem trolejbusa

2.4.2. Rješenje kroz „pojednostavljanje problema“

Kako bi se izbjegle komplikacije i stvaranje zamršenih etičkih dilema i svih prije spomenutih pitanja, potencijalno rješenje je u pristupu korak po korak, odnosno u uvođenju korištenja umjetne inteligencije prvo samo u segmentima kritičkih sustava. Primjerice, sustav s umjetnom inteligencijom se za početak može razviti samo za kontrolu udaljenosti ispred slijedećeg auta na brzim cestama i autocestama, ali uz i dalje trenutačno prepuštanje kontrole nad automobilom nazad vozaču u slučaju bilo kakvog signala od vozača. Na taj način bi sustav s umjetnom inteligencijom imao svrhu asistenta u vožnji samom vozaču, a ne konačnog vozača automobila. Vozač bi i dalje bio taj s kompletnom kontrolom nad vozilom, dok bi sustav koji koristi umjetnu inteligenciju bio automatski alat koji smanjuje vjerojatnost neželjenih situacija – prometnih nesreća.

Gore navedenim pristupom bi se umanjilo izlaganje sustava koji koristi umjetnu inteligenciju situacijama koje za sobom povlače kompleksne etičke dileme.

Kroz segmentaciju cjelokupnog sustava umjetne inteligencije u kritičnim sustavima na manje dijelove – manje sustave, vjerojatnost pogreške bi bila manja kao i moguće etičke dileme.

Mane segmentacije sustava su povezane s činjenicom, da sustavi koji su segmentirani, posebno ako su od različitih autora, su kompliciraniji za potpuno funkcionalno integriranje u daljnjim fazama razvoja. Na primjer, ako u autonomnoj vožnji jedna automobilska kompanija napravi funkcionalno rješenje za kontroliranje prometnih čepova kroz održavanje udaljenosti između automobila, a druga automobilska kompanija napravi rješenje za prepoznavanje svih objekata u urbanim sredinama, implementacija jednog i drugog rješenja u cjelinu će biti jako komplicirana. Kao i većina stvari, segmentacija, odnosno pojednostavljivanje problema, ima svoje prednosti i mane. Glavna i najvažnija prednost je da se segmentacijom sustava u manje cjeline zaobilaze etičke dileme i neželjene situacije s potencijalnim smrtnim ishodima.

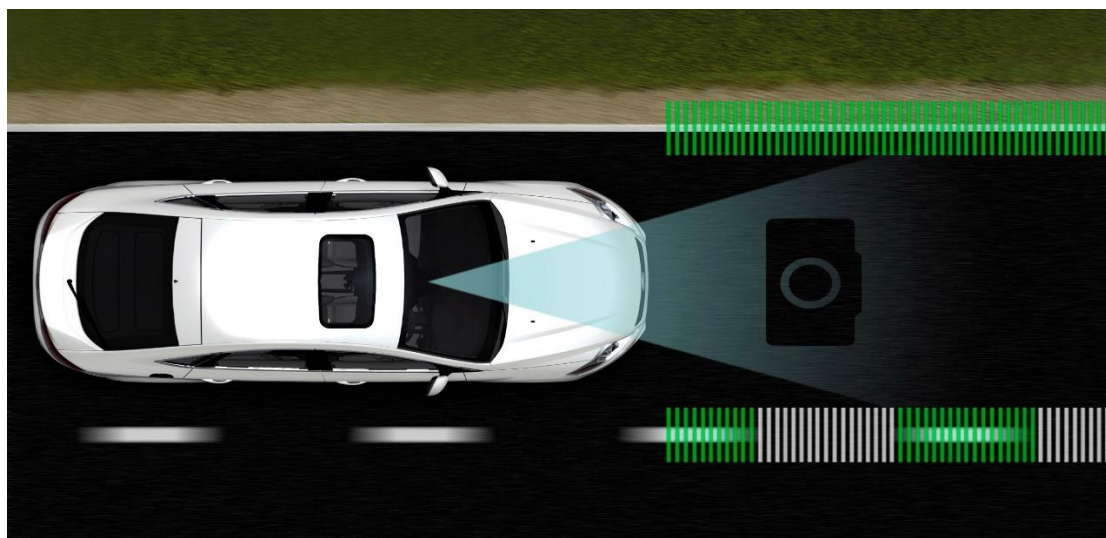
2.5. Buduće implementacije

Kao što su svojedobno pojasevi za vezanje i zračni jastuci donijeli svojevrsne revolucije u automobilskoj industriji koje su spasili nebrojeno života, takav potencijal sada postoji u deeptrafficu kao rješenju za prometne nesreće, lančane sudare, i slično.

Međutim, rješenja nisu trenutna, a primjena rješenja, posebno u automobilskoj industriji zahtjeva godine prilagodbe. Potpuni potencijal i korisnost deeptraffic sustava kao asistencije pri vožnji bi tek mogla biti postignuta kad bi se kolektivno svjetska automobilska industrija odlučila učiniti vision system sastavnim dijelom svih novoprodučenih automobila.

Svi auti bi trebali imati ugrađen vision sustav (Vision system). Vision sustav (Vision system) je jedan od ključnih sustava za budućnost dizajna automobila. Različite tehnologije koje se koriste u automobilima kako bi se poboljšala vidljivost i sigurnost vozača naziva se Vision sustav (Vision system). Načini na koji se vision sustav može poboljšati sigurnost i funkcionalnost automobila su: Sustav za praćenje trake (Lane Assist), Pomoć pri parkiranju, Sustav za prepoznavanje umora vozača.

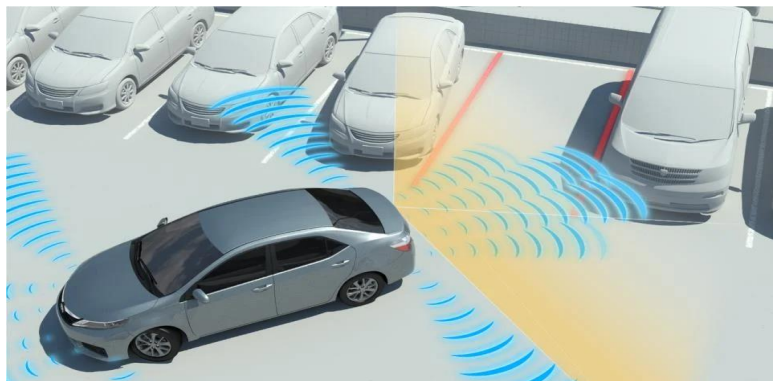
Lane Assist: U trenutku kada vozilo počne napuštati svoju voznu traku iz nekog razloga (greška vozača, umor, nepažnja), Lane Assist upozorava vozača. Vozač može dobiti upozorenje zvučnim signalom, vizualno na ekranu ili čak vibracijama upravljača ovisno o implementaciji proizvođača. Višenamjenska kamera može prepoznati ograničenja koja se nalaze na kolniku te nadzirati kreće li se vozilo unutar trake. Ako je vožnja aktivna u tom slučaju sustav neće poslati upozorenje jer je prepoznao aktivnu vožnju. Sustav može prepoznati aktivnu vožnju putem upravljanja, ubrzavanja, kočenja. Sustav funkcionira tako što izmjeri udaljenost linija kolnika i kotača vozila, a upozorenje palje 0,5 sekundi prije prekoračenja linije.



Slika 8 Lane Assist

Pomoć pri parkiranju temelji se na sensorima ugrađenih u branicima koji su raspoređeni tako da pokriju širok prostor. Sustav se aktivira kada se stupanj prijenosa uključi za vožnju unatrag, senzori emitiraju ultrazvučni puls koji putuje kroz zrak. Ukoliko ultrazvučni puls susretne prepreku, on će se odbiti i vratiti na senzor koji će detektirati impuls i poslati obavijest na upravljaču jedinicu. Upravljača jedinica izračunava udaljenost od prepreke na temelju vremenu koje je proteklo između emisije i prijema. Maksimalna udaljenost iznosi od 0,8 do 1 metra. Upravljača jedinica šalje upozorenje putem zvuka. Zvučno upozorenje se prenosi preko nezavisnih zvučnika ili preko audio sustava koji se nalazi u vozilu. Kako vozilo smanjiva udaljenost, povećava se brzina zvučnog upozorenja. Pomoć pri parkiranju također može sadržavati i kameru na stražnjoj strani automobila. Prijenos slike se prikazuje na video zaslonu, a zaslon može biti neovisan ili se može dijeliti sa drugim sustavima kao što je navigacijski sustav. Na ekranu se prikazu linije (zelena, žuta i crvena)

koje pružaju pomoć vozaču pri parkiranju. Pomoć pri parkiranju može sadržavati i automatski sustav parkiranja. Ovaj sustav mjeri parkirna mjesta preko ultrazvučnih senzora. Nakon toga provodi manevre za parkiranje automobila u prostor bez potrebe da vozač koristi upravljač. Također sustav zahtijeva da vozilo sadrži automatski mjenjač.



Slika 9 Ultrazvučni senzori



Slika 10 Kamera za parkiranje

Sustav za prepoznavanje umora vozača, kako umorni vozači predstavljaju jednu od većih opasnosti u prometu, razvio se sustav koji smanjuje rizik. Sustav funkcionira na način da na samom početku vožnje napravi profil vozača. Nakon što sustav napravi profil vozača, sustav na osnovu tog profila konstantno upoređuje sa vožnjom tijekom puta. Ako sustav primjeti značajne promijene nego na početku, može zaključiti da je vozač umoran. Ako zaključi da je vozač umoran onda će se na instrument tabli upaliti lampica u obliku šolje kafe i poruka koja sugerira vozaču potrebu za odmornom. Jedan od najčešćih podataka koje sustav koristi je sustav za ne namjerno napuštanje trake. Lagano napuštanje trake zatim brzo vraćanje u traku je karakterističan simptom umora

vozača. Ako vozač uspijeva da se zadrži u svojoj traci ali ukoliko to čini sa brzim i kratkim pokretima volana, također je jedan od simptoma umora. Prilikom vožnje ako vozač koristi mobilni telefon ili jede nešto odnosno ako radi neku aktivnost koja ga ometa u vožnji i primjete se promijene u vožnji, sustav može aktivirati upozorenje. Ovaj sustav nije savršen i ne može precizno prepoznati je li se vožnja tako odvija zbog umora ili nekog drugog razloga s kojim je vozač zaokupljen. Uz lampicu u obliku šoljice kafe, kao upozorenje može biti i zvučni signal i odgovarajući tekst. Postoje sustavi koji trenutno još nisu zastupljeni ali se radi na njihovom poboljšanju, a takvi sustavi koriste kameru koja snima lice vozača. Sustav na osnovu snimka procjenjuje koliki je umor prisutan kod vozača, a to radi na osnovu položaja glave, brzine treptanja, zatvaranja očiju.

3. ZAKLJUČAK

Umjetna inteligencija je kroz prethodno desetljeće doživjela rast, a u prethodnih pet godina je doživjela svojevrsnu eksploziju upotrebe zahvaljujući stalnom razvoju računalne snage, te sve većoj količini kreiranih podataka podložnim analizi i izvlačenju indirektnih zaključaka i uzoraka jako teško vidljivim ljudskoj inteligenciji, ali lakšim za prepoznavanje računalima i algoritmima namijenjenim i programiranim za tu svrhu.

Jedan od segmenata društva gdje je moguća široka upotreba umjetne inteligencije je u prometu. Trenutno se umjetna inteligencija koristi u određenim segmentima prometa, tako da već imamo upotrebu ad hoc mreža, ali i određene funkcionalnosti autonomne vožnje, kao što su prometna prestrojavanja, upozoravanje vozača na prisutnost drugih vozila u slijepim točkama za vrijeme vožnje, i slično.

Jedna od većih prepreka široj implementaciji alata umjetne inteligencije je manje tehničke a više filozofske prirode. Naime, s obzirom da je promet, nažalost, segment društva gdje se događaju nesreće sa smrtnim ishodom, u određenim trenucima će umjetna inteligencija biti dovedena u situaciju u kojoj će bilo koja autonomna reakcija sustava dovesti do smrtnog ishoda ljudskog bića. Određivanje smjera odlučivanja umjetne inteligencije u tom slučaju je problem etike, te će se takva pitanja osim kroz javnu diskusiju morati regulirati i zakonski.

Bez obzira na ovu prepreku, jasno je vidljivo da će se u budućnosti proširiti upotreba umjetne inteligencije, njenih funkcija i alata u prometu.

Za očekivati je da će na tom dugom, ali jako važnom putu za ljude, tehnologiju, i ekonomiju, postojati prepreke tehničke, ljudske, etičke, prirode, koje će biti potrebno riješiti kako bi implementacija umjetne inteligencije u promet donijela maksimalnu sigurnost i umanjeње faktora ljudske pogreške, a minimizirala broj situacija u kojoj reakcija umjetne inteligencije može rezultirati smrtnim ishodom.

4. LITERATURA

1. Bartneck, C., Lutge, C., Wagner, A., Welsh, S. (2021): An Introduction to Ethics in Robotics and AI, Cham: Springer Nature
2. Deeptraffic, About, preuzeto 11. rujna s <https://deeptraffic.io/#about>
2. Europski parlament, Što je umjetna inteligencija i kako se upotrebljava?, preuzeto 10. rujna s <https://www.europarl.europa.eu/news/hr/headlines/society/20200827STO85804/sto-je-umjetna-inteligencija-i-kako-se-upotrebljava>
3. Geek, Slavni “problem trolejbusa” je sada testiran u laboratoriju, preuzeto 9. rujna s <https://geek.hr/znanost/clanak/slavni-problem-trolejbusa-je-sada-testiran-u-laboratoriju/>
4. Pejić Bach, Mirjana (ur.), Spremić, Mario (ur.) (2020), Bosilj Vukšić, V., Ćurko, K., Jaković, B., Milanović Glavan, Lj., Pejić Bach, M., Pivar, J., Spremić, M., Stjepić, A., Strugar, I., Varga, M., Vlahović, N., Srića, V., Suša Vugec, D., Zoroja, J. (2020): Osnovne poslovne informatike, Ekonomski fakultet - Zagreb, sveučilišni udžbenik, ISBN 978-953-346-122-9
5. Taulli, T. (2019): Artificial Intelligence Basics: A Non-Technical Introduction, Monrovia, CA: Springer

5. POPIS SLIKA

Slika 1 AI, ML, DEEPLARNING, NEURAL NETWORKS	4
Slika 2 VANET komunikacija.....	8
Slika 3 Duboke neuronske mreže	9
Slika 4 Neuronska mreža.....	14
Slika 5 Upozorenje za razmak	16
Slika 6 Upozorenje za mrtvi kut	17
Slika 7 Problem trolejbusa.....	19
Slika 8 Line Assist	21
Slika 9 Ultrazvučni senzori	22
Slika 10 Kamera za parkiranje.....	22