**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**

**DIPLOMSKI RAD**

**PROTOTIP AUTONOMNOG VOZILA S KAMEROM**

**Marko Rašetina**

Split, srpanj 2019.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Diplomski studij: **Komunikacijska i informacijska tegnologija**

Smjer/Usmjerenje: **Telekomunikacije i informatika**

Oznaka programa: 242

Akademska godina: 2018./2019.

Ime i prezime: **MARKO RAŠETINA**

Broj indeksa: 759-2017

**ZADATAK DIPLOMSKOG RADA**

Naslov: **Prototip autonomnog vozila s kamerom**

Zadatak: Prilikom prijave diplomskog rada mentor definira temu i radni naslov, a točan naslov rada utvrđuje se po završetku rada. Diplomski se rad, potpisan od strane mentora, predaje Odboru za diplomski rad u tri tiskana primjerka s mekim uvezom te na CD-u. Izradu diplomskog rada ocjenjuje mentor, a predsjednik Odbora za diplomski rad potvrđuje zadatak i konačni naslov rada. Ukoliko je predsjednik Odbora za diplomski rad ujedno i mentor, diplomski rad uz mentora potpisuje i jedan od članova Odbora. **Ovu stranicu piše mentor prije predaje rada nakon što je utvđen konačni naslov rada.**

Prijava rada: 05.10.2016. (početak semestra u kojem se prijavljuje rad)

Rok za predaju rada: 05.01.2017. (deset dana prije završetka semestra u kojem je rad prijavljen)

Rad predan:

Predsjednik

Odbora za diplomski rad: Mentor:

prof. dr. sc. Dinko Begušić prof. dr. sc. Zoran Blažević

**IZJAVA**

Ovom izjavom potvrđujem da sam diplomski rad s naslovom „Prototip autonomnog vozila s kamerom“ pod mentorstvom prof. dr. sc. Zoran Blažević pisao samostalno, primijenivši znanja i vještine stečene tijekom studiranja na Fakultetu elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje, kao i metodologiju znanstveno-istraživačkog rada, te uz korištenje literature koja je navedena u radu. Spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti drugih autora koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u diplomskom radu citirao sam i povezao s korištenim bibliografskim jedinicama.

Student

Marko Rašetina

**Sadržaj**

[1. UVOD 1](#_Toc10289336)

[2. MULTIMEDIJSKI SUSTAVI 2](#_Toc10289337)

[2.1. Uvod u multimediju 2](#_Toc10289338)

[2.2. Slika 3](#_Toc10289339)

[2.3. Video signal 6](#_Toc10289340)

[3. UMJETNA INTELIGENCIJA 8](#_Toc10289341)

[3.1. Inteligencija 8](#_Toc10289342)

[3.2. Povijest i razvoj umjetne inteligencije 9](#_Toc10289343)

[3.3. Problematika i primjena umjetne inteligencije 11](#_Toc10289344)

[3.4. Strojno učenje 11](#_Toc10289345)

[3.4.1. Nadzirano učenje 12](#_Toc10289346)

[3.4.2. Nenadzirano učenje 12](#_Toc10289347)

[3.4.3. Poboljšano učenje 12](#_Toc10289348)

[4. NEURONSKE MREŽE 13](#_Toc10289349)

[4.1. Duboko učenje 13](#_Toc10289350)

[5. KOMPJUTERSKI VID 14](#_Toc10289351)

[LITERATURA 15](#_Toc10289352)

[POPIS SLIKA 16](#_Toc10289353)

[POPIS OZNAKA I KRATICA 17](#_Toc10289354)

[SAŽETAK 18](#_Toc10289355)

[KLJUČNE RIJEČI 18](#_Toc10289356)

[TITLE 19](#_Toc10289357)

[SUMMARY 19](#_Toc10289358)

[KEYWORDS 19](#_Toc10289359)

# 1. UVOD

# 2. MULTIMEDIJSKI SUSTAVI

## 2.1. Uvod u multimediju

Riječ multimedija je sastavljena od dvije riječi: multi i medij. Obje riječi dolaze iz latinskog jezika pri čemu riječ multi dolazi od riječi multus (brojan), a riječ medij dolazi od riječi medium (sredina). Multimedija predstavlja integraciju više oblika medija u jednu cjelinu. Primjer multimedija je internetska stranica s tekstom i slikama. U računalnoj znanosti mudlimedija znači da se računalni podaci mogu prestaviti putem zvika, videa te animacije uz tradicionalne medije kao što su tekst, slika i sl.

Multimedijski računalni sustav ima visoku sposobnost integriranja različitih medija pri čemu nam multimedijski računalni sustavi uz odgovarajući softver omogućava predstavljanje, pohranu, obradu i manipuliranje multimedijskim sadržajem. Glavne komponente multimedijskog računalnog sustava su:

* Tekst – sadrži alfanumeričke i neke druge posebne znakove,
* Grafika – tehnologija koja generira, manipulira, obrađuje predstavlja i prikazuje slike,
* Animacija – pomaže u stvaranju, razvoju, sekvenciranju i prikazivanju skupa slika,
* Audio – tehnologija koja snima, sintetizira i reproducira zvuk,
* Video – tehnologija koja bilježi, sintetizira i prikazuje slike (okvire) u sekvencama fiksne brzine pri čemu se stvara iluzija pokreta.

Područja u kojima se primjenjuje multimedija:

* Audio/video konferencija,
* E-knjige,
* E-učenje,
* Web,
* Video igre,
* Animirano filmovi,
* Virtualna stvarnost,
* Kupovanje putem interneta.

Razvitak multimedijskih aplikacija omogućila je:

* Digitalizacija skoro svih medija i uređaja,
* Razvitak podatkovnih i komunikacijskih mreža,
* Veliki kapaciteti uređaja za pohravnjivanje te brzi i specijalizirano procesori,
* Unaprijeđeni softver (operacijski sustavi, koder/dekoderi). [1]

## 2.2. Slika

Slika je vizualna reprezentacija nečega što se našlo unutar vidnog polja kamere. Isto tako bi sliku mogli definirati kao grupu obojenih točaka na ravnoj površini koja izgleda isto kao i nešto drugo. Softverske aplikacije slike dijele u dva tipa formata grafike:

* vektorska grafika (bazirana je na vektorima te koristi točke, linije, krivulje i oblike kako bi kreirala prikaz, a pohranjuje se kao matematička formula koja opisuje korištene linije, krivlje, točke i oblike),
* rasterska grafika (koristi pravokutnu rešetku koja se sastoji od ćelija, piksela, jednake veličine i svaka ćelija ima svoju boju).

U ovom radu se koritste slike koje pripadaju rasterskom formatu grafike.

Umjetnici od davnina još znaju da se miješanjem triju ili četiriju boja može dobiti bilo koja druga boja. Te se boje zovu primarne boje i postoji više kombinacija primarnih boja, a koju ćemo kombinacija primarnih boja odabrati ovisi o njihovoj primjeni. Za lakše razumijevanje kako se iz primarnih boja može dobiti bilo koja druga boja definira se prostor boja. Prostor boja ili kako se to još zove model boja je apstraktni matematički model koji opisuje raspon boja kao brojeve te različitim kombinacijama dobivamo različite boje to jest svaka boja predstavlja jednu točku u prostoru. Postoji pet glavnih modela pri čemu se svaki model sastoji od više podmodela. Primjer jednog takvog prostora boja je RGB (R = Red, G = Green, B = Blue) prostor boja (slika 2.1.).



Slika 2.1. RGB prostor boja

Osim RGB modela koji se najčešće koristi u elektroničkim sustavim imamo još CIE, luma plus chroma/chrominance, cilindrične transformacije i CMYK. U ovom radu se koriste slike RGB modela boja.

Svijet oko nas je jedan veliki analogni sustav. Bilo koji ulaz koji možemo uočiti je analogan. Na primjer zvuk je analogan signal. Tako naše uši slušaju analogni sustav i mi govorom proizvodimo analogni signal. Ista logika vrijedi za slike i video gdje su njihovi izvori analognog tipa, a naše oči analogni senzori. Analogni signal se definira kao signal s kontinuiran područjem vrijednosti definiran u kotinuiranom vremenskom području (slika 2.2). S druge strane računalni sustavi (osobno računalo, raspberry pi, mobitel itd) su digitalni sustavi te se u svom radu koriste digitalnim signalima. Digitalni signal se definira kao signal s dikretnim područjem vrijednosti definiran u diskretnom vremenskom području (slika 2.2.). Postupak pretvorbe analognog signala u digitalni signal (A/D pretvorba) se postiže uzorkovanjem i/ili kvantizacijom. [2]



Slika 2.2. Analogni signal (lijevo) i digitalni signal (desno)

Kao što je već prije spomenuto u ovome radu se koristiti rasterski format slike. Da bi u potpunosti razumijeli rasterski format slike definirati ćemo što je to rezolucija i dubina slike. Rezolucija slike je mjera kojom se opisuje oštrina i jasnoća slike pri čemu se definira koliko piksela slika ima po širini i visini. Primjer nekolicine popularnih rezolucija su 640x480, 1280x720, 1920x1080 i tako dalje. Dubina boje, također poznat kao dubina bita, je broj bitova koji se koristi za označavanje boje jednog piksela. Slike se s obzirom na dubinu slike mogu razvrstati na:

* kolor slike,
* slike s paletom boja,
* sive slike,
* crno/bijele slike.

Raspon bita koji se koristi za boje pojedinog piksela varira od 1-bita, 4-bita, 8-bita, 15/16 bita (visoke boje), 24-bita (prave boje) pa do 30/36/48-bita (duboke boje). Kod RGB modela boje s dubinom slike od 24-bita svaki piksel predstavljen je s 3 bajta, a svaki bajt definira jednu komponentu iz RGB modela boja (1 bajt = 8 bita => 3 bajta = 24 bita). U sivim slikama se najčešće koristi 1 bajt za definiranje različitih vrijednost nijansi sive boje. [1]

## 2.3. Video signal

Video predstavlja sekvencu slika koji se prikazuju u određenom vremenu periodu. Video ima za cilj stvoriti iluziju pokreta. Da bi bolje razumijeli video signal opisati ćemo nekoliko karakteristika koje se vežu uz video signal. Prva karakteristika koju ćemo opisati je broj slika u sekundi (FPS) ili brzina kadrova. Brzina kadrova je frenkvencija iliti brzina kojom se na zaslon pojavljuju statične slike zvane okviri, a mjerna jedinica je herc (Hz). Za stvoriti iluziju pokreta dovoljn je da se slike izmjenjuju brzinom većom od 10 slika/sekundi. Danas velika većina digitalnih video kamera snima s minimalnom brzinom od 30 slika/sekundi što se ujedno smatra i full-motion video. Drugi parametar je omjer slike koji nam govori u kojem su odnosu širina i visina slike. Neki od poznatijih omjera su 1:1, 4:3, 16:9 i tako dalje. I zadnji parametar koji ćemo spomenuti stereoskopski odnosno monoskopski video. Stereoskopija je tehnika za staranje iluzije dubine u slici. Postiže se tako što se pomoću dvije kamere snima isti objekat iz dvije različite perspektive, za svako oko jedna perspektiva. Monoskopski video snima objekat iz samo jedne perspektive. U ovom radu se koristi digitalni video signal s 30 slika u sekundi, omjera slike 16:9 te se koristi samo jedna kamera što znači da imamo monoskopski video.

Idemo proučiti kolika bi nam bila potrebna brzina za prijenos video signala. Uzeti ćemo da je rezolucija VGA drugim riječima imamo 640x480 piksela. Neka je video signal sastavljen od slika RGB modela pri čemu je svaka primarna boja definirana s 8 bita (1 bajt) po jednom pikselu te neka je broj slika u sekundi jednak 30. Za prijenos ovakvog video trebala bi nam sljedeća brzina:

640 \* 480 \* 8 bit \* 3 \* 30 = 221,184,000 bit/s

Kad bi se ova brzina pretvorila u Mb/s to bilo malo više od 221 Mb/s. Uočavamo da se radi o velikoj propusnosti koja nam je potrebna pri čemu je i rezolucija i broj slika u sekundi relativno malen. Za usporedbu danas prosječni mobitel može snimati video u FHD rezoluciji (1920x1080) pri 60 FPS-a. Tu nam od velike pomoći može doći komprimiranje video signala. Kompresijskih metoda za video signala ima dosta, a neki od njih su MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4, H.261, H.263 i tako dalje. [1]

Od svih kompresijskih metoda koji postoje za video signale u ovom radu će se koristiti Motion JPEG (M-JPEG ili MJPEG). Svi kompresijski formati pa tako i MJPEG ovise o otkrivanju uzoraka i predstavljanje tih uzoraka kraćim kodovima iliti porukama. Što je uzorak složeniji ili slučajniji, manja je vjerojatnost da se uzorak komprimira to jest razlika između originalne veličine i komprimirane će biti manja. MJPEG je video kompresijski format u kojem se okviri videozapisa komprimiraju pojedinačno kao JPEG slike (kompresija unutar okvira) za razliku od na primjer H.264 formata koji komprimira međuslikovno (vremenska kompresija). Zbog toga omjer kompresije MJPEG formata je manji 1:20 nego što je to kod formata koji koriste vremensku kompresiju (1:50), ali MJPEG je manje računski intenzivan i traži manje memorijske zahtjeve na hardverskim uređajima. MJPEG standard se koristi za snimanje i uređivanje videozapisa, na igraćim konzolama, kod digitalnih kamera, IP kamera, MJPEG preko HTTP-a i tako dalje. [3]

# 3. UMJETNA INTELIGENCIJA

## 3.1. Inteligencija

Da bismo mogli opisati i razumjeti što je to umjetna inteligencija prvo ćemo opisati što je to inteligencija. I dan danas ne postoji jedna jedinstvena i jednoznačajna definicija što je to inteligencija. Kroz povijest definicija inteligencije se nadogrđivala kako je čovjek dolazio sve više do spoznaja o sebi i okolini koja ga okružuje. Trenutno zadnja formalna definicija inteligencije potpisana je od skupine akademska istraživača njih pedesetdvoje koji su radili u području povezanim s testiranjem inteligencije. Definicija je dana u javnoj izjavi „Mainstream Science on Intelligence“ koja je javno objavljena u Wall Street Journal 13. prosinca 1994. godine. Njigova definicija inteligencije glasi:

„Inteligencija je vrlo općenita mentalna sposobnost, koja između ostalog, uključuje sposobnost rasuđivanja, planiranja, rješavanja problema, apskratno mišljenje, shvaćanje kompleksnih ideja, brzo učiti i učiti iz iskustva. Ona ne obuhvaća samo učenje iz knjiga, usku akademsku vještinu ili elegantno rješavanje testova. Prije toga ona reflektira širu i dublju sposobnost za dokućivanje našeg okruženja – opažanja, shvaćanja smisla u stvarima ili spoznati što napraviti.“ Mainstream Science on Intelligence, 1994. [4]

S obzirom da trenutno ne postoji jedna jedinstvena definicija i tumačenje inteligencije opće prihvaćen je pristup nazvan višestruka inteligencija. Američki razvojni psiholog Howard Gardner opisao je devet vrsta inteligencije, a one su:

* Prirodoslovna inteligencija,
* Glazbena (ritmička) inteligencija,
* Logičko – matematička inteligencija,
* Egzistencijalna inteligencija,
* Interpersonalna inteligencija,
* Tjelesno – kineziološka inteligencija,
* Jezična inteligencija,
* Intra – osobna inteligencija,
* Prostorna inteligencija.

S druge strane imamo Steinbergovu teoriju višestruke inteligencije pri čemu on njegova višestruka inteligenciju sastoji of tri osnovna tipa:

* Analitička inteligencija – potrebna nam je kada trebamo analizirati nešto ili riješiti problem. Ovaj tip inteligencije se mjeru IQ testovima.
* Kreativna inteligencija – sposobnost korištenja znanja i vještina koje već imamo kako bismo riješili nove i neobične probleme ili situacije.
* Praktična inteligencija – uključuje sposobnost rješavanja svakodnevnih zadataka u stvarnom svijetu.

S gledišta umjetne inteligencije posebno je zanimljiva Steinbergova analitička inteligencija.

Umjetna inteligencija (strojna inteligencija) je relativno mlada znanost gledajući iz perspektive teme ovoga rada, a to je iz područja računalne znanotsi. Pojam umjetna inteligencija se koristi za opisivanje strojeva koji oponašaju kognitivne funkcije koje ljudi povezuju s ljudskim i životinjskim umovima, kao što su učenje i rješavanje problema.

## 3.2. Povijest i razvoj umjetne inteligencije

Umjetna inteligencija kao znastvena i zasebna disciplina je veoma mlada, ali je naslijedila mnoge zamisli, pristupe i tehnike iz drugih disciplina. Područje umjetne inteligencije je složena i opširna multidisciplinarna znanost jer ujedinjuje saznanja iz područja tehničkih, društvenih i bioloških znanosti. Najveći dio saznanja, ali i novih postignuća u umjetnoj inteligenciji dolazi kako napreduju discipline kao što su psihologija, logika odnosno matematika, računanje, psihologija to jest kognitivna znanost, biologija, neuroznanost te evolucija. Kroz primjenu umjetne inteligencije sve ove znanotsi pa i mnoge druge doživljavaju svoj napredak.

Još davne 400 godine prije naše ere Sokrat (grčki filozof) je tražio algoritam za razlikovanje pobožnosti od ne pobožnosti. Aristotel je još jedan u nizu od filozofa, a formulirao je stil deduktivnog zaključivanja. Od matematičara možemo spomenuti Charles Stanhope i njegov uređaj koji je mogao riješiti mehaničke silogizme, numeričke probleme u logičkom obliku i elementarne probleme iz vjerojatnosti. George Boole je predstavio formalni jezik za logičko zaključivanje poznat pod nazivom Booleova algebra. S područja računanja možemo istaknuti Williama Jovenona koji je napravio logički stoj koji je mogao obrađivati Booleovu algebru i Vennove diagrame, a bio je u stanju riješavati logičke probleme brže od ljudi. I za kraj bi mogli spomenuti Alana Turinga koji je sa svojom vizijom imao najveći utjecaj. On je predstavio Turingov test, strojno učenje, genetičke algoritme i poboljšano učenje. Povrh toga svega predložio je ideju dječji program („Child Programme“) kojom je želio istaknuti da umjetno da pokušamo simulirati um odrasle osobe da radije pokušamo reproducirati onaj sličan djetetovom. [5]

Iako umjetna inteligencija svoje korijene nailazi u drugim disciplinama pri čemu su neke veoma stare. Početak iliti rađanje umjetne inteligencije možemo smatrati razdoblje od 1943. do 1955. godine. Warren McCulloch i Walter Pitts su 1943. godine predložili model skupa umjetnih neurona pri čemu je svaki neuron mogao biti u stanju „uključen“ ili „isključen“. Pokazali su da se bilo koja računalna funkcija može izračunati pomoću neke mreže povezanih neurona. Donald Hebb 1949. godine pokazao je jednostavno pravilo ažuriranja kojim se može modificirati veza između neurona. To se pravilo prozvalo po njemu (Hebbianovo pravilo) i ostalo je do dana danas kao jedno od najutjecajnijih modela. 1950. godine Marvin Minsky i Dean Edmonds su izgradila prvo računalo s neuronskom mrežom (SNARC). John McCarthy je 1956. na radionici u Dartmouthu prvi put službeno upotrijebio termin umjetna inteligencija pri čemu je ta ista radionica dala jasnu naznaku da umjetna inteligencija mora postati zasebno polje, a ne biti dio nekog drugog polja (matematike, teorija kontrole, teorija odlučivanja i slično).

U prvom desetljeću od kada je umjetna inteligencija postala zasebna grana stvorila su se velika očekivanja tome su pridonijeli prvi uspijesi koji su se tada ostvarili. S obzirom da su krajem 50-tih računala uglavnom radili aritmetičke operacije sve više od toga se činilo naprednim. James Slagleov je napravio program SAINT koji je mogao rješavati integracijske probleme zatvorenog oblika. Mreže dobivaju prva imena tako Bernard Widrow joj daje ime ADALINE, a Frank Rosenblatt mreži daje ime perceptron koje se do dana danas proteglo kada govorimo o jednoslojnim neuronskim mrežama. Ovaj uzlet i velika očekivanja, dijelom izazvan od strane tvoraca mreža sa svojim izjavama su stvorile dojam da će se industrija brzo promijeniti i napredovati je ipak naišla na zid koji se zove stvarnost. Rani sustavi su podbacili u rješavanju mnogih problema, a ti se problemi mogu svrstati u tri kategorije:

1. Rani programi nisu znali ništa o materiji koju su trebali riješavati.
2. Probleme koje su riješavali, riješavali su tako što su probavali različite kombinacije sve dok nebi našli rješenje (brute force). Ovo je funkcioniralo samo kod ograničenih i manjih problema kakvi su se iz početka riješavali, no kada se prešlo na veće i složenije probleme pronalazak riješenja na takav naćin postao je gotovo nemoguć,a to se kasnije kroz teoriju računske složenosti i dokazalo.
3. Naišli su na fundamentalen granice nad osnovim strukturama koje su se koristile za izradu inteligentnog ponašanja.

Glavni problem je bio u tome što su tražili kompletno riješenje i takav pristup se naziva slaba metoda. Alternativa je bila u domensko-specifičnom znanju za riješavanje uskih područja. Tako su nastali prvi ekspertni sustavi. Jedan od najpoznatijih primjera je primjer ekspertnog sustava u medicini. Sustav se zvao MYCIN i diagnocirao je infekcije krvi, a ostvarivao je rezultate kao neki stručnjaci, a značajno bolje od mladih doktora. 1980-tih umjetna inteligencija postaje industrija s velikim ulaganjima. Početkom 80-tih se ulagalo svega nekoliko milijuna da bi se do kraja 80-tih već milijarde ulagale te su bile uključene stotine firmi u izgradnji ekspertnih sustava. Prvi komercijalni ekspertni sustav, R1, pomagao je konfigurirati narudžbe za nove kompjuterske sustave i pritom je kompaniji štedio godišnje oko 40 milijuna dolara.

Nešto...

## 3.3. Problematika i primjena umjetne inteligencije

Nešto...

## 3.4. Strojno učenje

Nešto...

### 3.4.1. Nadzirano učenje

Nešto...

### 3.4.2. Nenadzirano učenje

Nešto...

### 3.4.3. Poboljšano učenje

Nešto...

# 4. NEURONSKE MREŽE

## 4.1. Duboko učenje

Nešto...

# 5. KOMPJUTERSKI VID

5.1. Nešto...

# LITERATURA

1. Hrvoje Dujmić: „Multimedijski sustavi“, 2012.
2. Dinko Begušić: „Digitalna obrada signala“, 2017.
3. MJPEG: https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\_JPEG, 24. svibnja 2019.
4. Definicija inteligencije: Mainstream Science on Intelligence, 13. prosinca 1994.
5. Stuart Russell, Peter Norvig: „Artificial Intelligence A Modern Approach“, 3rd Edition 2010.

# POPIS SLIKA

[Slika 2.1. RGB prostor boja 4](#_Toc9343021)

[Slika 2.2. Analogni signal (lijevo) i digitalni signal (desno) 5](#_Toc9343022)

# POPIS OZNAKA I KRATICA

RGB (red, blue, green) – crvena, plava, zelena

CIE - Commission internationale de l'éclairage

CMYK (cyan, magenta, yellow, black) – cijan, magenta, žuta, crna

FPS (frames per second) – slika u sekundi

FHD (full high definition) – puna visoka definicija

MJPG (motion JPEG) – pokretni JPEG

IQ (intelligence quotient) – kvocijent inteligencije

SNARC (Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator) – stohastički kalkulator neuralnog analognog poboljšanja

# SAŽETAK

Nešto...

# KLJUČNE RIJEČI

Autonomno vozilo, strojno učenje, neuronska mreža, umjetna inteligencija, konvolucijska neuronska mreža

# TITLE

A prototype of an autonomous vehicle with the camera

# SUMMARY

Something...

# KEYWORDS

Autonomous vehicle, machine learning, neural network, artificial intelligence, convolutional neural network