|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | UNIVERZITET U NOVOM SADU  **FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA U NOVOM SADU** |  |

Ана Гавриловић

**Одређивање фазе развоја Алцхајмерове болести на основу МРИ снимака ендокранијума**

Дипломски рад

- Основне академске студије -

Нови Сад, 2022.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  **ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА**  21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6 | Датум: |
|  |
| **ЗАДАТАК ЗА ИЗРАДУ ДИПЛОМСКОГ (BACHELOR) РАДА** | Лист: |
| 1/1 |

*(Податке уноси предметни наставник - ментор)*

| Врста студија: | **Основне академске студије** |
| --- | --- |
| Студијски програм: | **Рачунарство и аутоматика** |
| Руководилац студијског програма: | **проф. др Милан Рапаић** |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Студент: | **Ана Гавриловић** | Број индекса: | **RА 65/2018** |
| Област: | **Електротехничко и рачунарско инжењерство** | | |
| Ментор: | **Др Име и презиме, звање** | | |
| НА ОСНОВУ ПОДНЕТЕ ПРИЈАВЕ, ПРИЛОЖЕНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ И ОДРЕДБИ СТАТУТА ФАКУЛТЕТА ИЗДАЈЕ СЕ ЗАДАТАК ЗА ДИПЛОМСКИ РАД, СА СЛЕДЕЋИМ ЕЛЕМЕНТИМА:   * проблем – тема рада; * начин решавања проблема и начин практичне провере резултата рада, ако је таква провера неопходна; * литература | | | |

**НАСЛОВ ДИПЛОМСКОГ (BACHELOR) РАДА:**

|  |
| --- |
| **Одређивање фазе развоја Алцхајмерове болести на основу МРИ снимака ендокранијума** |

**ТЕКСТ ЗАДАТКА:**

|  |
| --- |
| 1. Анализирати стање у области.  2. Израдити спецификацију захтева софтверског решења.  3. Израдити спецификацију дизајна софтверског решења.  4. Имплементирати софтверско решење према израђеној спецификацији.  5. Тестирати имплементирано софтверско решење.  6. Документовати (1), (2), (3), (4) и (5). |

|  |  |
| --- | --- |
| Руководилац студијског програма: | Ментор рада: |
|  |  |

|  |
| --- |
| Примерак за:  - Студента;  - Ментора |

# КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

|  |  |
| --- | --- |
| Редни број, **РБР**: |  |
| Идентификациони број, **ИБР**: |  |
| Тип документације, **ТД**: | монографска публикација |
| Тип записа, **ТЗ**: | текстуални штампани документ |
| Врста рада, **ВР**: | дипломски рад |
| Аутор, **АУ**: | Ана Гавриловић |
| Ментор, **МН**: | др [име ментора], [звање ментора – доцент, ванредни професор или редовни професор] |
| Наслов рада, **НР**: | Одређивање фазе развоја Алцхајмерове болести на основу МРИ снимака ендокранијума |
| Језик публикације, **ЈП**: | српски |
| Језик извода, **ЈИ**: | српски / енглески |
| Земља публиковања, **ЗП**: | Србија |
| Уже географско подручје, **УГП**: | Војводина |
| Година, **ГО**: | 2022 |
| Издавач, **ИЗ**: | ауторски репринт |
| Место и адреса, **МА**: | Нови Сад, Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6 |
| Физички опис рада, **ФО**: | бр. поглавља / страница / цитата / табела / слика / графикона / прилога |
| Научна област, **НО**: | Софтверско инжењерство и информационе технологије |
| Научна дисциплина, **НД**: | Софтверско инжењерство |
| Предметна одредница /  кључне речи, **ПО**: | 3-5 кључних речи које бисте користили у претраживачу да нађете рад са овом темом |
| **УДК** |  |
| Чува се, **ЧУ**: | Библиотека Факултета техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад |
| Важна напомена, **ВН**: |  |
| Извод, **ИЗ**: | апстракт – један пасус који добро описује суштину рада – проблем, мотивацију, назнаку решења и резултат. |
| Датум прихватања теме, **ДП**: |  |
| Датум одбране, **ДО**: |  |
| Чланови комисије, **КО**: |  |
| председник | др Име Презиме, звање |
| члан | др Име Презиме, звање |
| ментор | др Име Презиме, звање |
| Потпис ментора | |

# KEY WORDS DOCUMENTATION

|  |  |
| --- | --- |
| Accession number, **ANO**: |  |
| Identification number, **INO**: |  |
| Document type, **DT**: | monographic publication |
| Type of record, **TR**: | textual material |
| Contents code, **CC**: | bachelor thesis |
| Author, **AU**: | Ana Gavrilović |
| Mentor, **MN**: | Ime i prezime mentora, [zvanje - assistant professor, associate professor ili full professor], PhD |
| Title, **TI**: | Determining the stage of Alzheimer's disease development based on MRI images of the endocranium |
| Language of text, **LT**: | Serbian |
| Language of abstract, **LA**: | Serbian / English |
| Country of publication, **CP**: | Serbia |
| Locality of publication, **LP**: | Vojvodina |
| Publication year, **PY**: | 2022 |
| Publisher, **PB**: | author’s reprint |
| Publication place, **PP**: | Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6 |
| Physical description, **PD**: | br. poglavlja / stranica / citata / tabela / slika / grafikona / priloga |
| Scientific field, **SF**: | Software Engineering and Information Technologies |
| Scientific discipline, **SD**: | Software Engineering |
| Subject / Keywords, **S/KW**: | Ključne reči na engleskom |
| **UDC** |  |
| Holding data, **HD**: | Library of the Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovića 6, Novi Sad |
| Note, **N**: |  |
| Abstract, **AB**: | Prevod apstrakta na engleski |
| Accepted by sci. Board on, **ASB**: |  |
| Defended on, **DE**: |  |
| Defense board, **DB**: |  |
| president | Ime i prezime, zvanje na eng., PhD |
| member | Ime i prezime, zvanje na eng., PhD |
| mentor | Ime i prezime, zvanje na eng., PhD |
| Mentor's signature | |

**САДРЖАЈ**

[КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА 4](#_Toc110952332)

[KEY WORDS DOCUMENTATION 5](#_Toc110952333)

[1. УВОД 9](#_Toc110952334)

[2. ПРЕГЛЕД СТАЊА У ОБЛАСТИ 11](#_Toc110952335)

[3. ТЕОРИЈСКИ ПОЈМОВИ И ДЕФИНИЦИЈЕ 13](#_Toc110952336)

[3.1 Обрада и анализа дигиталне слике 13](#_Toc110952337)

[3.1.1 Аналогна слика 13](#_Toc110952338)

[3.1.2 Дигитална слика 13](#_Toc110952339)

[3.1.3 Обрада и анализа дигиталне слике 13](#_Toc110952340)

[3.2 ЛПБ 13](#_Toc110952341)

[3.3 Метода потпорних вектора 13](#_Toc110952342)

[3.4 Вештачке неуронске мреже 13](#_Toc110952343)

[3.5 Конволутивне неуронске мреже 14](#_Toc110952344)

[4. METODOLOGIJA 15](#_Toc110952345)

[4.1 Prvi modul sistema (izmeniti naslov da bude specifičan za vaše rešenje) 19](#_Toc110952346)

[4.2 Drugi modul sistema 19](#_Toc110952347)

[4.3 Korišćeni alati 19](#_Toc110952348)

[5. EKSPERIMENTI 21](#_Toc110952349)

[5.1 Skup(ovi) podataka 21](#_Toc110952350)

[5.2 Eksperiment 1 22](#_Toc110952351)

[5.3 Evaluacija 23](#_Toc110952352)

[6. REZULTATI (I DISKUSIJA) 25](#_Toc110952353)

[7. DISKUSIJA 27](#_Toc110952354)

[8. ZAKLJUČAK 29](#_Toc110952355)

[9. LITERATURA 31](#_Toc110952356)

[10. BIOGRAFIJA 33](#_Toc110952357)

# УВОД

Алцхајмерова болест је најчешћа врста деменције. Ова болест напада делове мозга који контролишу размишљање, меморију, језик и понашање. Почиње благим губитком памћења, а симптоми се углавном развијају полако и доста се погоршавају временом, тако да у каснијим фазама могу озбиљно утицати на самостално обављање свакодневних животних активности појединца. Нажалост, није могуће у потпуности излечити Алцхајмерову болест али је рана дијагноза од великог значаја јер постоје начини да се напредак болести успори. Нада за будуће рано лечење Алцхајмера ослања се на нове начине за дијагностиковање болести пре него што почне ментални пад.

Рачунарска визија (енгл. *Computer Vision*) је област вештачке интелигенције која је пронашла важну примену у медицини јер може помоћи у бржем и тачнијем одређивању дијагнозе, локализацији болести или оптимизацији трошкова лечења. Како је људско око склоно грешкама, а потребан је и велики степен стручности лекара, интелигентни алати за машинско учење могу помоћи да се обезбеди ранија и тачнија дијагноза Алцхајмерове болести на основу анализе различитих типова снимака мозга. Такође, ови системи би лекару могли да укажу на регионе од интереса, како би се спровела даља истраживања и анализе и одредило адекватно лечење.

У овом раду биће описана три приступа за имплементацију система који на основу магнетне резонанце (МРИ) ендокранијума одређује да ли пацијент има Алцхајмерову болест, и уколико има, у којој је фази развоја (веома благo, благо или умерено озбиљно когнитивно оштећење). Додатно, програм врши и детекцију делова мозга који потенцијално могу бити проблематични и на основу којих је алгоритам закључио која је дијагноза у питању.

Систем је реализован у програмском језику *Python,* коришћењем библиотека *OpenCV*, *Keras* и *Scikit-learn.* Класификација фазе развоја болести је имплементирана на следеће начине:

Комбинацијом ЛБП (енгл. *LBP -* *Local Binary Patterns*) дескриптора и методе потпорних вектора (енгл. *SVM - Support-Vector Machine*) за класификацију слика снимака.

Комбинацијом конволутивне неуронске мреже (енгл. *CNN – Convolutional Neural Network*) за екстракцију особина са слике и класификације помоћу потпуно повезане вештачке неуронске мреже (енгл. *Fully Connected Artificial Neural Network*).

Приступ сличан претходном, где је за конволутивну неуронску мрежу, уместо тренирања модела од нуле, коришћен претренирани модел *VGG19* и урађено је прилагођавање његових параметара овом проблему (енгл. *Fine-tuning).*

Верификација решења је обављена уз помоћ означеног скупа слика МРИ снимака ендокранијума. Након упоређивања резултата који је систем дао и стварних података о класи сваке слике закључено је да је у случају овог проблема најбоље резултате показао приступ који користи конволутивну неуронску мрежу тренирану од нуле (приступ број 2) са тачношћу од 98,28%. За евалуацију и приказ добијених резултата у виду матрице конфузије и класификационог извештаја коришћена је *Scikit-learn* библиотека, конкретно модул *sklearn.metrics*.

Рад је подељен у осам логичких целина.

У првом поглављу представљен је проблем који се обрађује, мотивација за његово решавање, као и систем који је имплементиран са кратким освртом на евалуацију и добијене резултате.

У другом поглављу представљен је преглед стања у области, са описом радова сличних овом и еволутивног развоја овог проблема.

У трећем поглављу представљени су теоријски појмови и дефиниције који су значајни за разумевање овог рада.

У четвртом поглављу представљена је методологија система.

У петом поглављу представљени су скупови података, експерименти и евалуација.

У шестом поглављу представљени су резултати и дискусија.

У седмом поглављу представљена је дискусија.

У осмом поглављу је дат крајњи закључак.

На самом крају налази се списак кориштене литературе и кратка биографија аутора.

# ПРЕГЛЕД СТАЊА У ОБЛАСТИ

Основни циљ овог поглавља је да пружи увид у тренутно стање у области рачунарске визије, односно методе класификације дигиталних слика уз помоћ ње. Биће посебно разматран случај примене рачунарске визије на медицину, односно класификацију медицинских слика. У поглављу ће бити представљени и анализирани најзначајнији и најновији радови из ове области, како би се испратио еволутивни развој и напредак, како резултата, тако и начина решавања проблема и идеја везаних за ову тему.

# ТЕОРИЈСКИ ПОЈМОВИ И ДЕФИНИЦИЈЕ

У овом поглављу је представљена теоријска основа као и опис појмова који су неопходни како би се испратио и разумео представљени проблем, као и предлог решења.

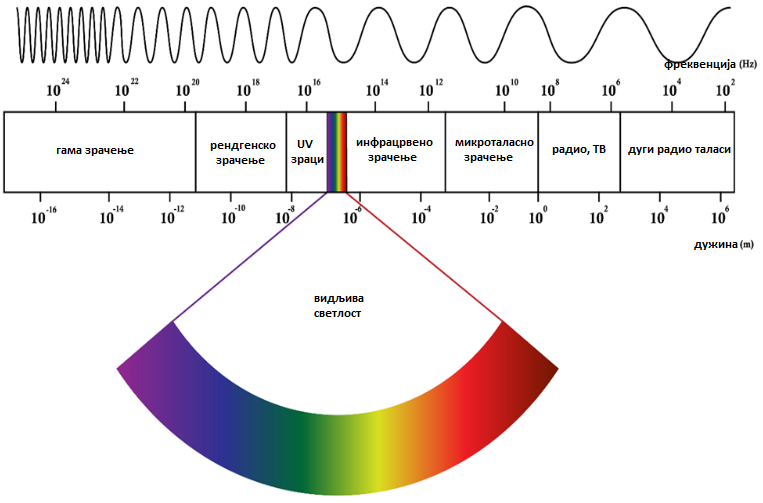
Како је суштина овог рада класификација слике медицинских снимака, у првом потпоглављу су прво детаљније објашњене теоријске основе везане за приказ, особине и врсте слике (поглавље 3.1). Наредна потпоглавља садрже теоријске појмове и дефиниције везане за начине имплементације проблема класификације слика, односно ЛБП дескриптор (поглавље 3.2), метода потпорних вектора (поглавље 3.3), затим теорија о вештачким неуронским мрежама (поглавље 3.4) која је основа за разумевање конволутивних неуронских мрежа (поглавље 3.5).

## Приказ, особине и врсте слике

Слике представљају визуелни приказ света око нас. На почетку овог поглавља ће бити речи о регистровању светлосних таласа и настанку слике. Према начину настанка слике се деле на аналогне и дигиталне. Стога је наставку поглавља дат увид у особине аналогне слике, а детаљније је анализирана дигитална слика, као основни ресурс рачунарске визије.

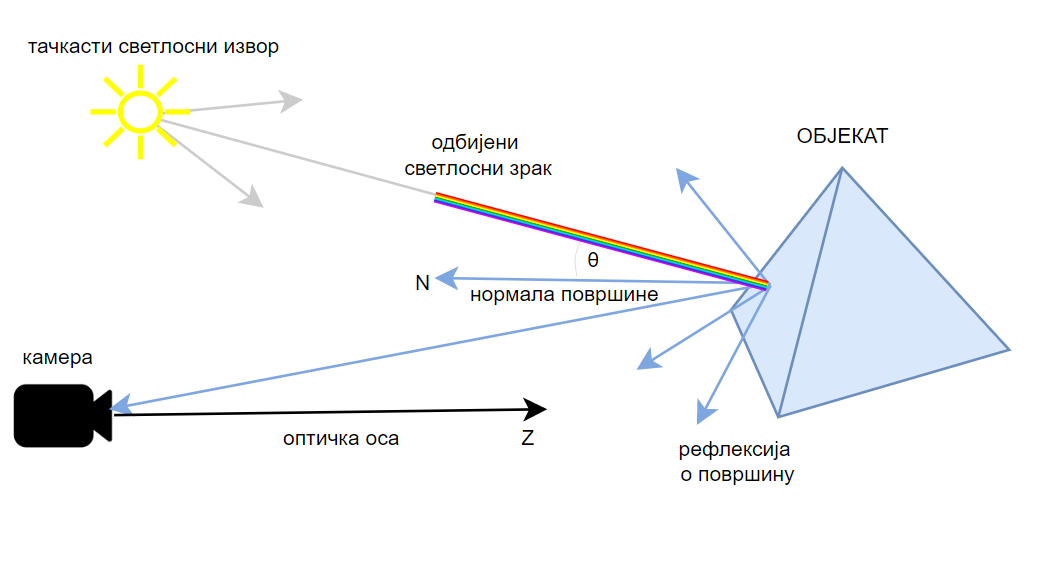
### Регистровање светлости

Таласна дужина светлости (λ) представља растојање између две тачке које – приликом простирања таласа – осцилују у истој фази. Спектар електромагнетних таласа чине зрачења која се разликују само по својим таласним дужинама. [1] Под видљивом светлошћу се подразумевају електромагнетни зраци који имају таласну дужину у опсегу од око 400 нанометара до око 700 нанометара. Овај интервал таласних дужина је подељен на седам зона, где свакој зони одговара по једна боја. (слика 2.1)



Слика 3.1: Спектар електромагнетног зрачења

Када тачкасти извор беле светлости емитује светлост, она се шири у свим правцима и пада на површине објеката. Објекат затим, уколико има рефлективна својства, рефлектује ту светлост. Камера (или било који други сензорски елемент) затим региструје зраке који се одбијају директно ка њему. (слика 3.2) Боја предмета коју камера региструје одређена је таласном дужином светлости коју објекат рефлектује нпр. уколико објекат рефлектује таласну дужину која одговара плавој боји, а апсорбује све остале таласне дужине, боја ће бити приказана као плава. Бела боја представља рефлексију свих таласних дужина из опсега видљиве светлости, а црна одсуство, односно апсорпцију истих.



Слика 3.2: Рефлексија светлосних зрака емитованих из

тачкастог извора светлости

### Аналогна слика

### Дигитална слика

### Анализа и особине дигиталне слике

## ЛПБ

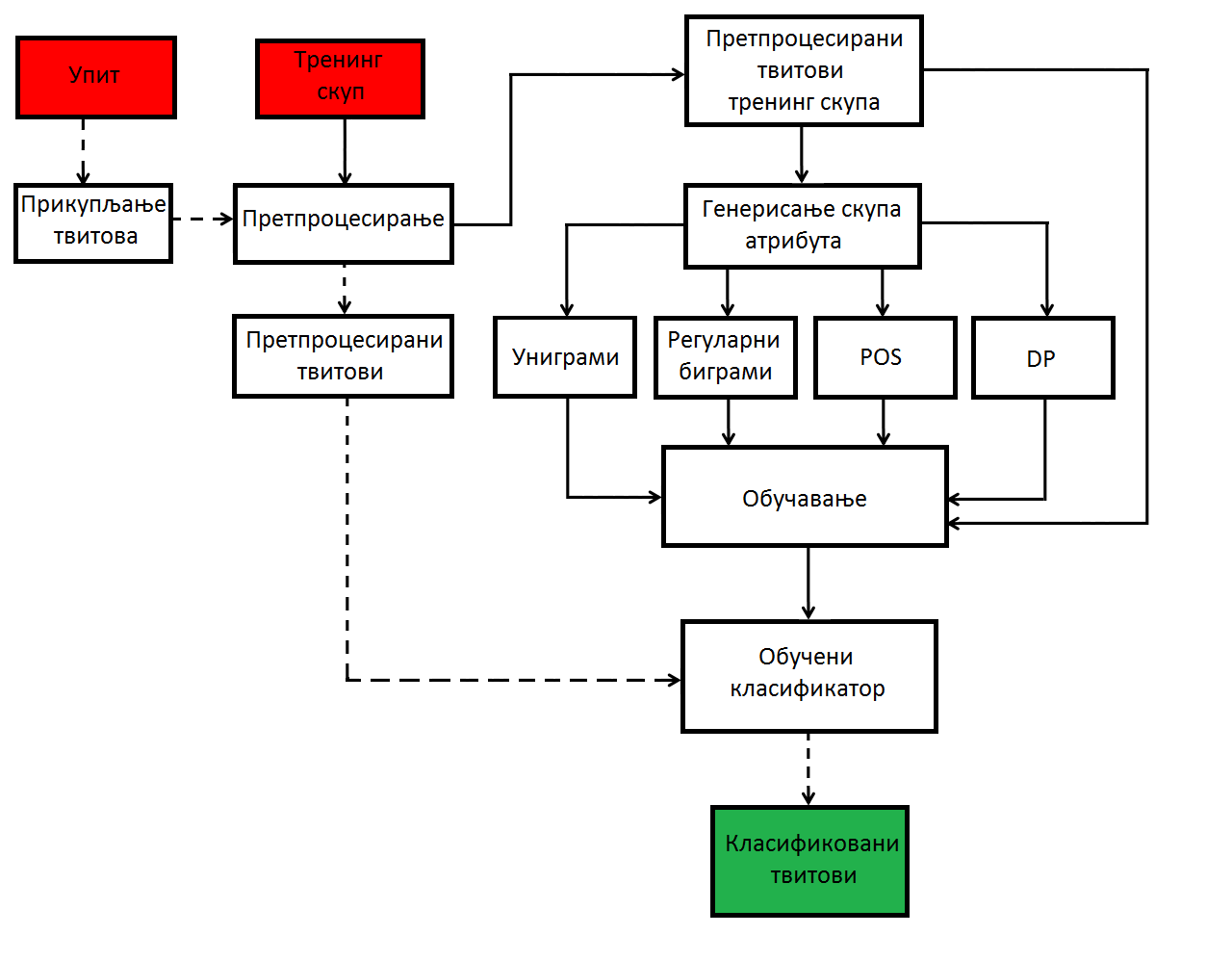
## Метода потпорних вектора

## Вештачке неуронске мреже

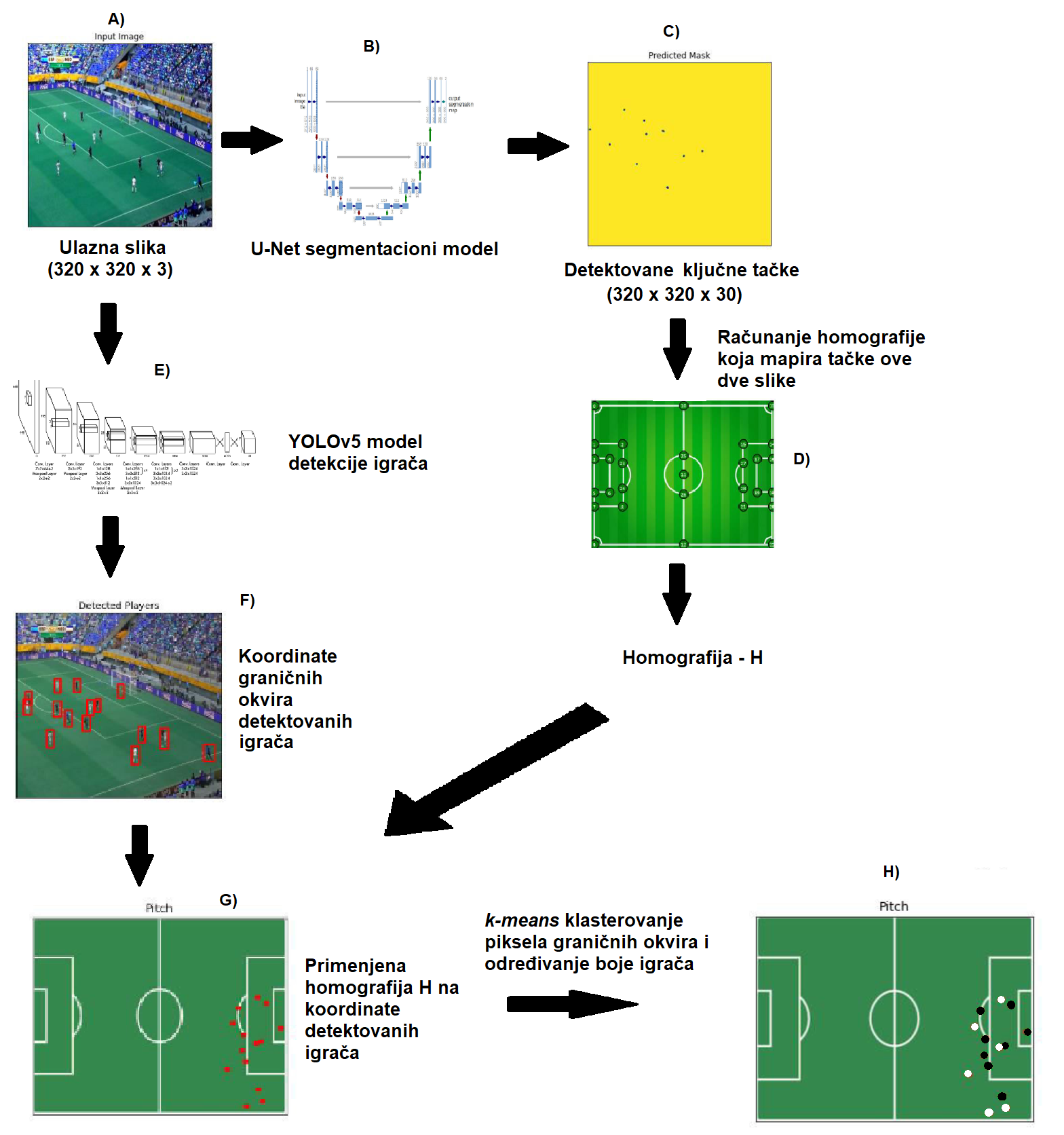
## Конволутивне неуронске мреже

# METODOLOGIJA

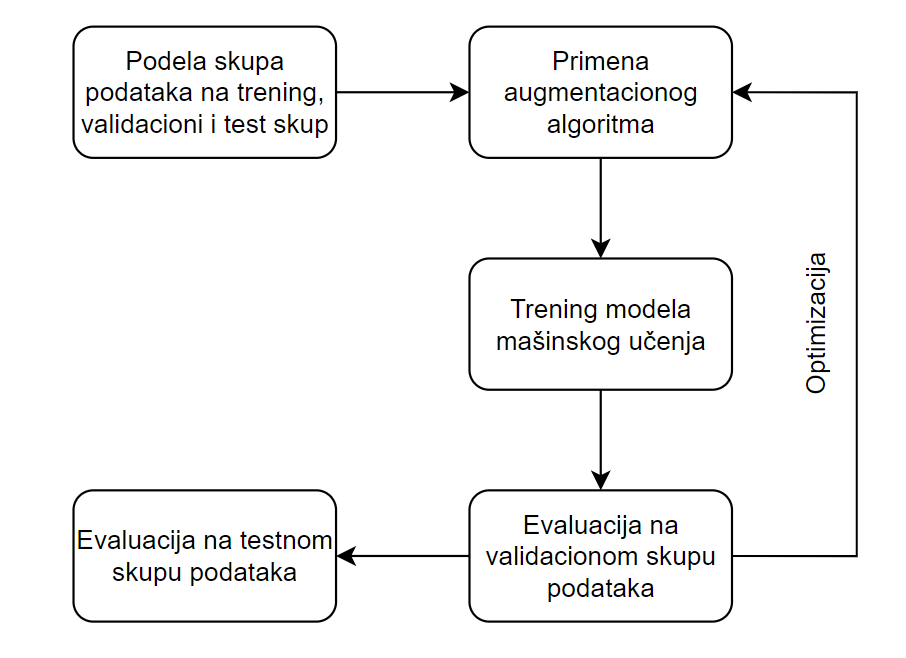
* Krenite sa pasusom koji navodi šta je prikazano u ovom poglavlju. Na primer, „U ovom poglavlju je predstavljena implementacija sistema za...“. Jasno istaknite šta je ulaz u sistem, a šta očekivani izlaz iz sistema.
* U narednom pasusu predstavite arhitekturu rešenja na visokom nivou apstrakcije (npr. dijagram toka podataka u sistemu). Primeri 5.1 - 5.4 daju ideje za predstavljanje arhitekture rešenja. Ovaj dijagram toka podataka podelite na module. Svaki modul razradite u tekstu i, ako je potrebno, prikažite i njegove delove grafički.
* Pojedinačni moduli zahtevaju opsežna objašnjenja, poglavlje „Metodologija“ možete izdeliti na potpoglavlja koja odgovaraju datim modulima. Ako ovo radite, ne zaboravite da dodate rečenicu koja najavljuje ta potpoglavlja.
* Prilikom opisa rešenja ne zaboravite da opišete sledeće stvari (ako ste ih primenili):
  + Kako ste pretprocesirali podatke
  + Kako ste vršili augmentaciju podataka
  + Arhitekturu neuronske mreže koju ste koristili uz obrazloženje zašto ste je odabrali
  + Pomoću koje funkcije gubitka se optimizuje model
  + Koje ste sve kombinacije model/pretprocesiranje isprobali
  + Na koji način ste u svoje rešenje uključili tehnologije predstavljene u poglavlju 4



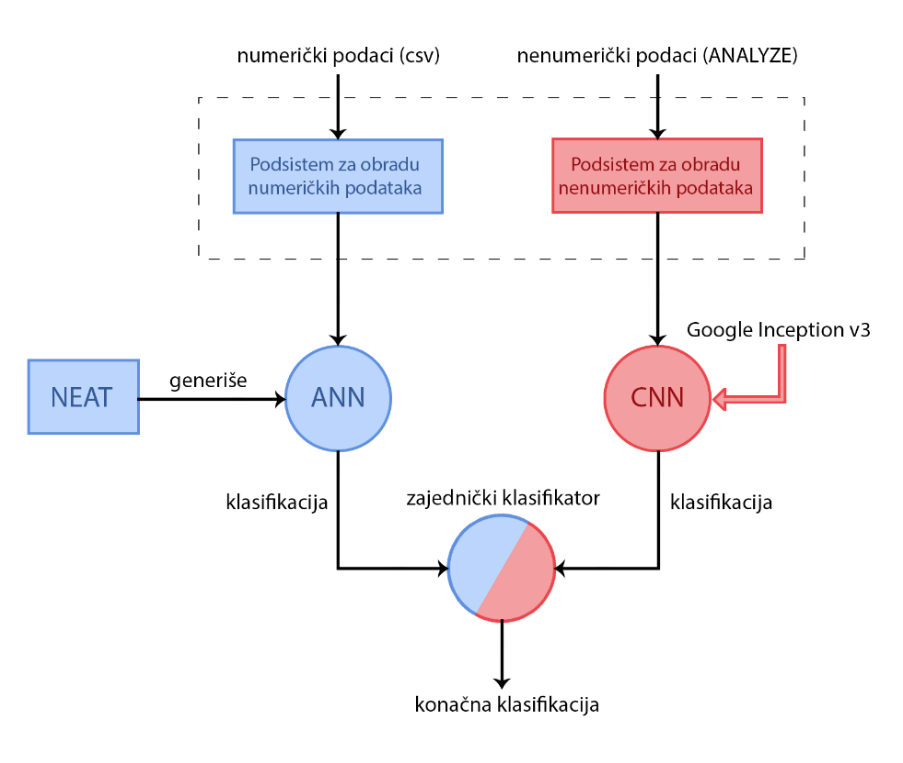
Primer 5.1 Šematski prikaz postupka klasifikacije tvitova.



Primer 5.2 Ulazna slika (A) se prosleđuje U-Net modelu (B) koji za izlaz daje matricu koja predstavlja detektovane tačke koje su vizualizovane na slici (C). Mapiranjem tačaka na njihove ciljne koordinate sa slike (D), dobijamo homografiju H. Na sliku (A) se primenjuje YOLO (E) model za detekciju igrača (F). Primenom homografije na igrače dobijamo sliku (G). K-*means* klasterovanjem piksela dobijamo boje igrača za konačni prikaz (H).



Primer 5.3 Dijagram toka eksperimenta.



5.4 Klasifikacija pacijenata na osnovu: (1) kliničkih testova kojima se detektuje demencija (numerički podaci) i (2) MRI snimaka pacijenta (nenumerički podaci).

## Prvi modul sistema (izmeniti naslov da bude specifičan za vaše rešenje)

* Krenite od toga šta je cilj modula, koji su očekivani izlazi i ulazi.
* Nakon toga specificirajte kako je ovaj cilj implementiran.

## Drugi modul sistema

## Korišćeni alati

Ovo je opciono potpoglavlje koje specificira hardver, biblioteke, alate i programske jezike na koje ste se oslanjali prilikom implementacije rešenja. Alternativno (ako nema puno sadržaja), detalje implementacije možete integrisati u odgovarajuća poglavlja koja opisuju module sistema.

# EKSPERIMENTI

**Cilj poglavlja**: U ovom poglavlju potrebno je opisati sve eksperimente koji su izvršeni u okviru diplomskog rada.

**Važno:** Postavka svakog eksperimenta trebalo bi da sadrži sve detalje koji su potrebni da bi neko drugi mogao da reprodukuje eksperiment.

**Razlika između poglavlja “Eksperimenti” i „Metodologija“**: u metodologiji opisujete arhitekturu sistema koji predstavljate u radu i detalje svakog od njegovih delova modula. Nasuprot toga, u ovom poglavlju opisujete na koji ste način(e) evaluirali taj sistem i/ili svaki od njegovih delova. Na primer, sistem ste možda evaluirali na više različitih skupova podataka ili sa više različitih kombinacija parametara ili ste hteli da vidite uticaj pred ili post-procesiranja pa ste evaluaciju radili sa i bez tih komponenti, itd.

**Organizacija:** U glavnom delu iskažite cilj poglavlja „Eksperimenti“ i pojasnite njegovu podelu na potpoglavlja koja je, tipično, ovakva:

1. Obično, eksperimenti u AI oblasti uključuju jedan ili više obučavajućih skupova. Predstavite ih u posebnom potpoglavlju „Skupovi podataka“.
2. Tipičan sledeći deo eksperimentalne postavke je opis jednog ili više modela mašinskog učenja. Napravite posebno potpoglavlje za svaki eksperiment koji ste izvršili, npr. „Eksperiment 1“, „Eksperiment 2“ (predložite specifičnija imena ako imaju smisla).
3. Opis postupka evaluacije.

**Napomena:** trudite se da ne ponavljate informacije – prvo utvrdite šta je zajedničko za sve vaše eksperimente. Tipično su to skupovi podataka i evaluacija, pa onda možete izdvojiti u dva potpoglavlja, dok ostale detalje pišete za svaki eksperiment posebno u potpoglavljima „Eksperiment 1“, „Eksperiment 2“, itd.

## Skup(ovi) podataka

**Cilj potpoglavlja:** opis skupova podataka korišćenih u svim eksperimentima.

**Organizacija:** Ako imate puno skupova podataka, možete ovo poglavlje podeliti na potpoglavlja koja im odgovaraju. Ako skupovi podataka imaju duža imena, u poglavlju 6.1 uvedite skraćenice. Na primer, K1 (korpus 1).

**Tipični podaci koje opis skupa podataka treba da sadrži:**

1. količina podataka,
2. distribucija klasnog obeležaja,
3. detalji vezani za prikupljanje i anotaciju (labeliranje),
4. da li ste skup podataka preuzeli (da li je javno dostupan, odakle ste ga preuzeli) ili sami kreirali za potrebe diplomskog rada,
5. detalji specifični za vaš skup podataka:
   * Na primer, ako su u pitanju slike onda: veličina, rezolucija, format, kvalitet slika, itd.
   * Na primer, ako je u pitanju tekst onda: prosečna dužina rečenica, dokumenata, entiteta, itd.
6. detalji skupa podataka značajni za problem koji rešavate:
   * Razmišljajte o tome koji detalj skupa vam je potreban da biste u diskusiji objasnili neki rezultat eksperimenta.
   * Na primer, za slike, rezultati mogu biti loši jer je rezolucija slika niska (i onda kod tih rezultata referencirate ovo poglavlje).
   * Na primer, za tekst, rezultati mogu biti loši jer je određena vrste entiteta slabo zastupljena u obučavajućem skupu, rečenice su previše dugačke, itd.

## Eksperiment 1

**Cilj:** prikazujete detalje vezane za ML model(e). Sam model je opisan u prethodnim poglavljima („Teorijske osnove“ i/ili „Metodologija“), dok je ovde cilj da opišete detalje koje ste podesili baš za eksperiment sa ciljem da eksperiment može da se kompletno reprodukuje.

Na primer, ovde prikazujete:

* Vrednosti hiper-parametara. Ako ih ima puno, navedite ih u tabeli.
* Način na koji ste odredili vrednosti hiper-parametara.
* Ako u vašem eksperimentu poredite više modela, onda ovde opisujete konkretne postavke za svaki takav model.
* Ako je cilj vašeg eksperimenta da utvrdite optimalne hiper-parametre ili skup atributa, onda je fokus na opisu načina na koji to radite.
* Hardver ili *cloud* servis koji je korišćen, itd.

## Evaluacija

**Cilj:** prikaz načina evaluacije rešenja. Tipično, ovo obuhvata:

1. Kako ste formirali skup podataka za evaluaciju:

* kako je formiran test skup,
* odnos udela podataka u *test/train* podeli,
* koja vrsta uzorkovanja (*sampling*) je upotrebljena pri podeli na *train*/*test* (npr. *random* ili *stratified*)
* ako je upotrebljena unakrsna validacija, opišite detalje vezane za taj postupak.

1. Mere performansi koje koristite za evaluaciju. Ako su mere neuobičajene i kompleksne onda bi bilo dobro da ih detaljnije objasnite na primeru. Jedan primer takve mere je *Intersection over Union* (IoU) koja se koristi za evaluaciju sistema za detekciju objekata.

# REZULTATI (I DISKUSIJA)

**Cilj:** prikazujete rezultate eksperimenata opisanih u prethodnom poglavlju.

**Napomena oko naslova poglavlja**: ponekad eksperimenti i rezultati mogu biti obimni i/ili zanimljivi pa se o njima može napisati duža diskusija. U tom slučaju je potrebno diskusiju odvojiti u posebno poglavlje „Diskusija“ koje ide nakon rezultata. U nastavku ovog teksta opisani su detalji vezani za poglavlje „Rezultati“, pa onda za poglavlje „Diskusija“, a na vama je da odlučite da li ćete ih pisati u jednom ili u dva odvojena poglavlja.

**Sadržaj poglavlja:**

1. Ovo poglavlje tipično sadrži jednu ili više tabela sa rezultatima eksperimenata. Najbolje je da tabele prikazujete redom po eksperimentima i onda na kraju da date jednu sumarnu tabelu ako to ima smisla. Na primer, ako eksperimenti uključuju evaluaciju nekoliko različitih ML modela, onda u sumarnoj tabeli pokazujete sve njih zajedno i komentarišete kako se porede.
2. Nakon prikaza tabele napišete jedan ili više pasusa u kojima ukratko saopštite i komentarišite rezultate.
   1. Ne ponavljate celu tabelu u tekstu, već istaknite nabolje, najlošije rezultate.
   2. Komentarišite da li su ovi rezultati očekivani (u skladu sa dosadašnjom literaturom) ili iznenađujući.
   3. Na primer, model X se pokazao kao najbolji, što je i očekivano jer je to SOTA model za ovaj problem ili rezultati za klasu X su najbolji, što je iznenađujuće jer je to klasa koje jako slabo zastupljena u obučavajućem skupu.
3. Važno je da donesete odluku o tome da li ćete diskusiju rezultata uključiti u ovo poglavlje ili ćete ih predstaviti u posebnom poglavlju „Diskusija“.
   1. Ako diskusije nema puno, onda ovde dajte svoja objašnjenja za rezultate. U tom slučaju, u nastavku kao posebne pasuse možete dodati delove poglavlja „Diskusija“ (sadržaj poglavlja „Diskusija“ je objašnjen u poglavlju 8).
   2. Razloge zašto su rezultati takvi kakvi su često nije lako utvrditi. Zato, pri diskusiji pišite „pretpostavljamo da su rezultati takvi zato što...“ umesto da čvrsto „tvrdimo da su rezultati...“.

Preporuke oko predstavljanja sadržaja:

* Koristite tabele, a ne grafikone jer se iz tabela vide tačne vrednosti mera performansi. Pored tabela možete imati i grafikon koji je vizuelno predstavlja. Razmislite detaljno o tome šta je to što će on moći da prikaže, a tabela neće.
* Tabele ne bi trebalo da budu previše velike. Uvek je bolje da prikažete više manjih preglednih tabela nego jednu veliku nepreglednu.
* Podebljajte (*bold*) najbolje rezultatе u tabeli.
* Nivo detalja prikaza rezultata bi trebalo da bude što veći. Na primer, ako radite više-klasnu klasifikaciju trebalo bi da pored sumarnih mera (npr. makro F-mera) date i preciznost, odziv i F-meru za svaku klasu posebno.
* Ako imate preveliki broj klasa da biste rezultate prikazivali za svaku klasu posebno (preko 10 ili 15), onda rezultate po klasama možete opisati tako što ćete ih grupisati. Na primer, klase 1,2 i 8 imaju F-mere u rasponu od X do Y, dok klase 3,5,9 imaju....itd.
* Trudite se da sumarne mere što realnije sumiraju rezultate vašeg sistema. Na primer, za više-klasnu klasifikaciju makro F-mera je dobar izbor sumarne mere. Dakle, pored ili u okviru tabele sa rezultatima po klasama možete dati i makro F-meru kao sumarnu.

# DISKUSIJA

**Cilj:** prikazujete svoje rezultate iz svih uglova važnih za cilj vašeg rada.

* Na primer, ako je cilj vašeg rada bio da kreirate novi sistem za neki problem onda je važno da diskutujete kako se vaši rezultati porede sa srodnim rešenjima, pogotovo onim najboljim.
* Ako ne postoje srodna rešenja koja baš rešavaju isti problem kao i vi, sigurno postoje rešenja koja rešavaju sličan problem sa kojima se možete uporediti.
* Na primer, razvijate određen NLP sistem za srpski jezik i niko do sada nije radio to baš za srpski jezik. U tom slučaju, poredite se sa sistemima koji to rada za engleski.

**Sadržaj poglavlja**:

* Komentarišite poređenja sa drugim sistemima.
  + Na primer, rezultati prikazani u radu [x] su bolji jer je korišćen bolji hardver ili veći skup podataka, što ovde nije moguće uraditi usled nedostatka *big data* infrastrukture.
  + Ako je teško porediti performanse usled korišćenja različitih skupova podataka i meri performanse, istaknite tu činjenicu.
* Komentarišite realnu upotrebljivost sistema.
  + Da li su performanse na nivou onih koje postižu ljudi?
  + Da li se rezultati direktno mogu koristiti u produkciji ili su tek prvi korak ka nekom boljem sistemu?
  + Ovde je takođe važno da komentarišete razloge za tvrdnje koje ste izneli.
  + Napomena: ponekad je samim anotatorima skupa podataka teško da se dogovore oko anotacije konkretnog primera[[1]](#footnote-1). Ovo može biti uzrok loših performansi modela. Često u srodnim rešenjima postoje poglavlja koja govore o anotaciji skupa podataka gde su date mere (tipično F-mera) koje pokazuju koliko je teško da se više ljudi složi oko anotacije. U tom slučaju se možete porediti sa tim merama.
* Diskutujte prednosti i ograničenja svog sistema.
  + Na primer, prednost je da je sistem lako proširiv, ali je trenutno ograničenje da radi samo za srpski jezik.
  + Važno je da budete realni, nemojte sakrivati nedostatke. Svrha ovog dela je upravo to da pokažete da ste svesni ograničenja svog sistema.
  + Dajte predloge kako bi se ograničenja mogla prevazići. Na primer, bolji hardver, veći skup podataka, itd.
* (Opciono) u ovo poglavlje uključite i analizu grešaka sistema[[2]](#footnote-2). Za detalje vezane za analizu grešaka pogledajte prateći materijal.

# 

# ZAKLJUČAK

**Cilj**: (1) sumiranje glavnih poenti u radu i diskusija implikacija rešenja i (2) opis mogućih daljih pravaca za unapređenje iznetog rešenja.

**Sadržaj**:

* Sumiranje glavnih poenti u radu:
  + Rešavani problem i motivacija za njegovo rešavanje
  + Opis rešenja na visokom nivou apstrakcije
  + Opis evaluacije rešenja na visokom nivou apstrakcije
  + Podsetiti na sve izvučene zaključke i komentarišite njihovu važnost (glavne poente iz diskusije)
* Iznesite moguće pravce daljeg proširivanja/unapređenja/otklanjanje identifikovanih nedostataka rešenja

|  |
| --- |
| **(Rekapitulacija problema i motivacije za njegovo rešavanje:)** U ovom radu predstavljen je sistem za automatsku detekciju i prepoznavanje saobraćajnih znakova sa slike. Motivacija je bila što bi takav sistem mogao da se koristi prilikom vožnje i da koristi vozaču putem obaveštavanja o važećim saobraćajnim znakovima. Sistem je implementiram u vidu dva odvojena dela: modula za detekciju i modula za prepoznavanje saobraćajnih znakova. Oba modula oslanjaju se na modele konvolucionih neuronskih mreža.  **(Rezime rešenja, načina evaluacije i postignutih rezultata:)**  Modul za detekciju koristi *Faster* R-CNN [4] metod sa *AlexNet* [5] arhitekturom konvolucione mreže. Rezultat evaluacije istreniranog modela je 0.6756 mAP. Za treniranje i testiranje korišćen je skup belgijskih saobraćajnih znakova (engl. BTSD – *Belgium Traffic Sign Dataset*) [6], uz izbacivanje kategorija „nedefinisano“ i „ostalo“, i smanjenje broja negativnih uzoraka.  Modul za prepoznavanje saobraćajnih znakova vrši klasifikaciju znakova dobijenih iz faze detekcije. Za klasifikaciju treniran je model konvolucione neuronske mreže sa *ResNet* [8] arhitekturom od devet rezidualnih blokova. Korišćen je skup nemačkih saobraćajnih znakova za prepoznavanje (engl. GTSRB – *German Traffic Sign Recognition Benchmark*) [9], a preciznost modela nad test skupom iznosi 96.2%.  **(Predlozi za unapređenje rešenja:)** Preciznost konvolucione mreže za prepoznavanje mogla bi se dalje povećati boljim izborom hiper-parametara modela, što bi zahtevalo ponavljanje procesa treniranja. Što se tiče *Faster* R-CNN metoda korišćenog za detekciju, značajno bolje performanse mogu se postići prelaskom na *ResNet* arhitekturu konvolucione mreže. S obzirom na to da *Faster* R-CNN implementacija u korišćenom *Microsoft Cognitive Toolkit* (CNTK) [10] alatu ovo ne podržava, to bi zahtevalo izmenu implementacije ili korišćenje drugog alata. Skup podataka bi takođe mogao da se proširi spajanjem sa nekim drugim, kao što je na primer skup nemačkih saobraćajnih znakova za detekciju (engl. GTSDB – *German Traffic Sign Detection Benchmark*) [32]. |

Primer 9.1 Primer celokupnog zaključka uz komentare

# ЛИТЕРАТУРА

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | L. Shapiro и G. Stockman, Computer Vision, University of Washington - Department of Computer Science and Engineering: Prentice-Hall, 2000. |

# BIOGRAFIJA

Ovde navedite osnovne informacije o sebi koje će predsednik komisije pročitati prilikom otvaranja odbrane završnog/diplomskog rada (primer 11.1 ).

|  |
| --- |
| Petar Petrović je rođen dd.mm.gggg. u Novom Sadu, gde je stekao svoje osnovno i srednje obrazovanje. Školske xxxx/yy godine se upisuje na Fakultet tehničkih nauka na studijski program X. Položio je sve ispite predviđene planom i programom i stekao uslov za odbranu završnog rada. |

Primer 11.1 Primer biografije

1. Na primer, cilj nam je da razvijemo AI model čiji je cilj da detektuje da li je određena Java klasa previše kompleksna (pati od tzv. *God Class code smell*-a). Samim programerima (anotatorima) je teško da usaglase stavove oko toga koje klase su „previše kompleksne“. Stoga skup podataka može imati nekonzistentne anotacije, čineći da obučeni ML model ima lošije performanse. [↑](#footnote-ref-1)
2. Analizu grešaka sistema možete opciono staviti i u poglavlje „Rezultati“. U tom slučaju, u diskusiji kratko prodiskutujte rezultate te analize. [↑](#footnote-ref-2)