

КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ II СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БЕОГРАДУ

Комисија за студије II степена, Електротехничког факултета у Београду, на својој седници одржаној 28.05.2024 године именовала нас је у Комисију за преглед и оцену мастер рада дипл. инж. Ивана Ђурковић под насловом „Интелигентни судоку решавач применом компјутерске визије“. Након прегледа материјала Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци кандидата

Ивана Ђурковић је рођена 06.07.1995. године у Новом Пазару. Гимназију је завршила у Новом Пазару са одличним успехом. Електротехнички факултет у Београду уписала је 2014. године, на одсеку за Физичку електронику. Дипломирала је у септембру 2020. године са просечном оценом на испитима 7,59, на дипломском 10. Мастер академске студије на Електротехничком факултету у Београду је уписала октобра 2022. на модулу за Сигнале и системе. Положила је све испите са просечном оценом 7,80.

2. Извештај о студијском истраживачком раду

Кандидат Ивана Ђурковић је као припрему за израду мастер рада спровела студијско истраживање релевантне литературе из области компјутерске визије и вештачке интелигенције, са посебним освртом на методе оптичког препознавања карактера (OCR) и алгоритама решавача логичких проблема.

Истраживањем су анализирани постојећи радови који се баве аутоматским препознавањем и решавањем Судоку задатака, као и различите методологије које комбинују обраду слике, дубоко учење и алгоритме претраге простора решења. Утврђено је да се у савременој пракси најчешће користе приступи засновани на конволуционим неуралним мрежама (CNN) за препознавање цифара и рекурзивним backtracking алгоритмима за попуњавање Судоку матрица.

Анализом литературе и постојећих решења идентификовани су главни изазови у овој области, као што су варијације у рукопису, различити услови осветљења и деформације слика, који утичу на тачност препознавања. На основу спроведеног истраживања закључено је да интеграција метода компјутерске визије и вештачке интелигенције представља перспективан правац развоја система способних за аутоматску дигитализацију и решавање Судоку задатака из реалних слика, што је послужило као полазиште за израду мастер рада.

3. Опис мастер рада

Мастер рад обухвата 28 страна, са укупно 12 слика и 7 референци. Рад садржи увод, 6 поглавља и закључак (укупно 8 поглавља) и списак коришћене литературе.

Прво поглавље представља увод у рад, у коме су описани предмет, циљ и структура истраживања. У овом делу објашњени су мотиви за избор теме, значај примене метода компјутерске визије и вештачке интелигенције у процесу аутоматског решавања логичких проблема.

Друго поглавље даје теоријске основе и представља преглед кључних појмова који се односе на компјутерску визију, обраду слике, оптичко препознавање карактера (OCR) и конволуционе неуралне мреже (CNN).

Треће поглавље описује практичну реализацију система за препознавање Судоку табле, са нагласком на фазе обраде слике. Детаљно су објашњени кораци учења и претпроцесирања слике, детекције и сегментације мреже на 9×9 поља, као и примена OCR модула за препознавање цифара помоћу CNN модела. Четврто поглавље обухвата алгоритам за решавање Судоку матрице, који је реализован применом рекурзивног backtracking приступа. Дато је објашњење начина рада алгоритма, структуре функција које проверавају валидност уноса и логике рекурзивног повратка при решавању.

Пето поглавље посвећено је анализи резултата и визуелизацији рада система. Представљени су начини процене успешности OCR модула, приказ тачности у зависности од услова осветљења и квалитета слика, као и визуелни прикази резултата кроз оригиналну слику, препознату матрицу и мапу поузданости (confidence heatmap).

Шесто поглавље представља дискусију у којој су анализирани добијени резултати и упоређени са постојећим решењима из литературе. Размотрене су предности и ограничења развијеног система, као и

фактори који утичу на његову тачност, попут квалитета улазних слика и разлика у рукописима. Седмо поглавље представља закључак у коме су резимирани резултати рада и потврђена ефикасност предложеног система за аутоматско препознавање и решавање Судоку матрица.

4. Анализа са кључним резултатима

Систем је реализован у програмском језику Python, уз употребу библиотека OpenCV, TensorFlow/Keras, NumPy и Pandas, које су омогућиле примену савремених техника обраде слике и дубоког учења. За препознавање цифара развијен је модел заснован на конволуционој неуралној мрежи (CNN), трениран на комбинацији MNIST скупа руком писаних цифара и специјализованог скупа слика реалних Судоку табли. За решавање детектованих матрица примењен је рекурзивни backtracking алгоритам, који омогућава проналажење јединственог решења у складу са правилима Судоку игре.

Основни резултати рада су: 1) развој и имплементација комплетног система који повезује обраду слике, препознавање цифара и алгоритамско решавање Судоку матрице; 2) постизање високе тачности у препознавању цифара применом CNN модела обученог техникама data augmentation, што је омогућило робусност у условима различитог осветљења и стила рукописа; 3) интеграција резултата OCR система са алгоритмом за решавање, чиме је остварен потпуно аутоматизован процес од слике Судоку табле до коначног решења; 4) анализа и визуелизација резултата, укључујући приказ тачности, мапе поузданости (confidence heatmap) и поређење академског и практичног машинског приступа; 5) дефинисање могућих праваца даљег развоја, као што су примена напреднијих неуралних архитектура, унапређење сегментације и проширење скупа података ради постизања још веће поузданости система.

5. Закључак и предлог

Кандидат Ивана Ђурковић је у свом мастер раду успешно решила проблем аутоматског препознавања и решавања Судоку матрица применом метода компјутерске визије и вештачке интелигенције. Развијен је систем који омогућава детекцију мреже Судоку табле, препознавање цифара помоћу модела конволуционе неуралне мреже (CNN) и аутоматско решавање добијене нумеричке матрице применом рекурзивног backtracking алгоритма. Систем обједињује све фазе обраде – од улазне слике до добијања тачног решења, чиме је постигнут висок ниво аутоматизације и тачности.

Предложена побољшања, као што су: унапређење сегментације, проширење скупа података и примена напреднијих техника дубоког учења, могу додатно повећати прецизност и применљивост система у реалним условима.

Кандидат је током израде рада исказао самосталност, систематичност и висок ниво разумевања теоријских и практичних аспеката обраде слике и машинског учења, као и способност интеграције више метода у јединствен интелигентни систем.

На основу изложеног, Комисија предлаже Комисији за студије II степена Електротехничког факултета у Београду да рад дипл. инж. Иване Ђурковић прихвати као мастер рад и кандидату одобри јавну усмену одбрану.

Београд, 10.10.2025. године

Чланови комисије:

др Вељко Папић Ванредни професор
сагласан, 10.10.2025.

др Томислав Шекара Редовни професор
сагласан, 10.10.2025.