

РЕЦЕНЗИЈА
НА ДОКТОРСКАТА ДИСЕРТАЦИЈА ПОД НАСЛОВ „КЛАСИФИКАЦИЈА НА
СЦЕНИ СНИМЕНИ ОД ВОЗДУХ СО МЕТОДИТЕ НА ПРЕНОС НА УЧЕЊЕ ОД
КОНВОЛУЦИСКИ НЕВРОНСКИ МРЕЖИ“ ИЗРАБОТЕНА ОД М-Р БИСЕРКА
ПЕТРОВСКА, ПРИЈАВЕНА НА ФАКУЛТЕТОТ ЗА ИНФОРМАТИКА ПРИ
УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП

Со Одлука број 0206-294/4 од 11.5.2021 година донесена на 59. седница (електронска) на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 (биотехнички науки, техничко-технолошки и природно-математички науки) при Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, одржана на 11.5.2021 г. формирана е Комисија за оценка и одбрана на докторската дисертација под наслов „Класификација на сцени снимени од воздух со методите на пренос на учење од конволуциски невронски мрежи“ пријавена и изработена од кандидатот м-р Бисерка Петровска, во состав:

проф. д-р Зоран Здравев, претседател,
проф. д-р Татјана Атанасова-Пачемска, интерен ментор, член,
вон. проф. д-р Томе Димовски, екстерен ментор, член,
проф. д-р Цвета Мартиновска-Банде, член и
вон. проф. д-р Наташа Стојковиќ, член.

Комисијата во наведениот состав, по прегледувањето на докторската дисертација, го поднесува следниов

ИЗВЕШТАЈ

Анализа на трудот

Докторската дисертација со наслов „Класификација на сцени снимени од воздух со методите на пренос на учење од конволуциски невронски мрежи“ пријавена и изработена од м-р Бисерка Петровска, докторанд на Факултетот за информатика при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип е напишана на 147 страници, на А4 формат, со вкупно 34 слики и 18 табели.

Дисертацијата ги опфаќа следните седум поглавја: Вовед, Преглед на литературата, Цел на истражувањето, Методи на истражувачката работа, Резултати, Дискусија и Заклучок.

Во понатамошниот тек од овој Извештај е даден краток осврт за секое поглавје од докторската дисертација.

Во првото поглавје се претставени сите теоретски поими кои се поврзани со темата на докторскиот труд, а се нужни за негово разбирање. Тука се опишани невронските мрежи, алгоритмите кои се користат за ниво тренирање, како и неколку најчесто користени методи за регуларизација: испуштање, вештачко зголемување на множеството за тренирање и сл. Потоа дефинирани се конволуциските невронски мрежи и нивните основни карактеристики: локални рецептивни полиња, делење на тежините и нивоа за редукција. Воведот е затворен со поимот за пренос на учење. Разработено е неговото значење, видовите пренос на учење, како и условите под кои се применува.

Второто поглавје дава информации и детален опис на методите за класификација на воздушни сцени кои се среќаваат во литературата. Разработени се методи на ниско ниво, кои користат визуелни карактеристики на ниско ниво, методи на средно ниво, кои ги прикажат сцените со статистичка репрезентација од висок степен на локално екстрахираните сликовни карактеристики и методи на високо ниво. Обработените методи на високо ниво вклучуваат методи на длабоко учење со конволуциски невронски мрежи, како методи на пренос на знаење и методи на целосно тренирање на длабоки архитектури.

Третото поглавје ги опишува целите на истражувањето. Тие во основа се сведуваат на класификација на неколку множества од слики снимени од далечина. Класификацијата е изведена со методот на екстракција на карактеристики и со методот на фино подесување. Методот со екстракција на карактеристики вклучува и конкатенација на репрезентите од

различни мрежни нивоа и употреба на линеарни класификатори. Кај методот со фино подесување изведувани се експерименти со измазнување на лабели, а класификацијата се извршува со линеарни, но и со нелинерани класификатори како машина со вектори за поддршка со Гаусово јадро.

Четвртото поглавје е посветено на методите на истражувачката работа. Овде се опишани конволуциските мрежи кои се користат во истражувањето, класификаторите како класификаторот со логистичка регресија и машината со вектори за поддршка. Обработена е и трансформацијата на главните компоненти која се користи кај методот со екстракција на карактеристики, како и адаптивните стапки на учење кои се користат кај методот со фино подесување. Даден е приказ и на четирите множества од воздушни сцени кои се предмет на класификација. Најважен дел од четвртото поглавје е описот на експерименталните сценарија кои се основата на иновативните методи предложени во докторскиот труд.

Петтото поглавје детално ги прикажува добиените резултати од изведените експерименти. Табеларно се прикажани достигнувањата од класификацијата на различните множества од слики снимени од далечина и за методот со екстракција на карактеристики и за методот со фино подесување. Покрај тоа табеларно се прикажани и компаративни прегледи за постигнатата точност на класификација од испитуваните методи и конкурентните методи објавени во научни трудови со слична проблематика. Предложените техники за класификација на воздушни сцени постигнуваат висока точност на класификација, а во одредени симулациони сценарија и највисока споредено со други методи во литературата. Сликвитоста на постигнатите резултати е подобрена со приказ на матрици на конфузија кои ја даваат точноста на класификација за различни класи од податочните множества (парцијална точност на класификација).

Во шестиот дел е прикажана дискусија за постигнатите резултати. За методот со екстракција на карактеристики може да се сумира дека највисока точност на класификација се постигнува со репрезентите од средните конволуциски нивоа и дека фузијата на карактеристики со трансформација со анализа на главните компоненти дава подобри резултати за помал обем на подмножеството за тренирање. Од методот со фино подесување се сублимира дека линеарната стапка на учење е подобар избор при поголем број на слики за тренирање, а цикличните стапки на учење се попогодни за класификација со помал обем на слики за тренирање и дека класификацијата со машина со вектори за поддршка е супериорна во однос на софтверски класификацијата.

Поглавјето седум ги сублимира заклучоците на истражувањата опфатени со оваа дисертација и дава насоки за понатамошен развој на предложените методи, како и идеи за понатамошни истражувања.

Дополнително, докторската дисертација содржи **резиме** на македонски и англиски јазик, дел за **користена литература** со литературни извори со слична проблематика и **прилог со листа на кратенки** кои се користат во текстот.

Предмет на докторската дисертација

Класификацијата на слики снимени од далечина наоѓа примена во армијата, мониторинг на животната средина, надзор, обезбедување и детекција на геопросторни објекти. Предмет на истражување на рецензирираниот докторски труд се методите на пренос на учење од претходно тренирани длабоки конволуциски невронски мрежи во рамки на класификацијата на воздушни сцени. Овде експериментално се испитувани методот со екстракција на карактеристики и методот со фино подесување. Методот со екстракција на карактеристики користи уште и нивна фузија, како и намалување на димензионалноста на векторите на активациите од конволуциските нивоа со анализа на главните компоненти. Методот со фино подесување вклучува линеарно намалување на стапката на учење, циклични стапки на учење, како и регуларизација со измазнување на лабели. Во симулационите сценарија употребени се следните класификатори: класификатор со логистичка регресија, машина со вектори за поддршка со линеарно и

Гаусово јадро. Предложените методи се испитувани низ симулации со различни претходно тренирани конволуциски мрежи и различни јавно достапни множества од слики снимени од далечина. Постигнатите резултати во голем дел ги надминуваат методите објавени во литературата.

Цели и нивна разработка

Целите на истражување во оваа докторска дисертација се повеќекратни:

- да се споредат капацитетите на неколку длабоки претходно тренирани конволуциски мрежи во однос на предложените методи за пренос на учење;
- да се евалуира методот со екстракција на карактеристики во однос на активациите од различни мрежни нивоа, како и во однос на конкатенацијата на репрезентите и нивна класификација со линеарни класификатори;
- да се анализира влијанието на адаптивни стапки на учење кај методот со фино подесување;
- да се проучи можноста за екстракција на карактеристики од фино подесените мрежи и истите да се класифицираат со линеарна и нелинеарна варијанта на машина со вектори за поддршка;
- предложените техники за класификација на податочни множества од слики снимени од далечина да се споредат со достигнувања од областа.

Овие цели се комплетно реализирани со извршените експерименти и процесирањето на податоците.

Научен придонес

Придонесот во науката на докторската дисертација „Класификација на сцени снимени од воздух со методите на пренос на учење од конволуциски невронски мрежи“ од кандидатот м-р Бисерка Петровска се состои во развој на иновативни методи за класификација на податочни множества од слики снимени од далечина. Предложените методи даваат конкурентни резултати споредено со современите техники присутни во литературата, а секако постои и можност за нивно понатамошно усовршување.

Докторската дисертација изработена под менторство на проф. д-р Татјана Атанасова-Пачемска, редовен професор на Факултетот за информатика при Универзитетот „Гоце Делчев“ во Штип, како интерен ментор и проф. д-р Томе Димовски, вонреден професор на Факултет за информатички и комуникациски технологии, Универзитет „Св. Климент Охридски“ - Битола, како екстерен ментор е успешно завршена. Трудот е јасно напишан, на научно и стручно ниво, испитувањата и анализите се добро систематизирани, добиените резултати се презентирани на ефективен и концизен начин и изведени се конкретни заклучоци. Оваа докторска дисертација обработува актуелна тема и содржи податоци од истражувања и литература што се карактеризираат со висок степен на научна и апликативна вредност.

ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Комисијата за оценка и одбрана детално ја разгледа докторската дисертација со наслов „Класификација на сцени снимени од воздух со методите на пренос на учење од конволуциски невронски мрежи“, изработена од кандидатот м-р Бисерка Петровска и донесе заклучок дека истата претставува оригинален, самостоен, прецизно дефиниран, јасно оформен научен труд со систематски разработена проблематика и оригинални научни истражувања и резултати. Докторската дисертација врз основа на содржината, обемот и постигнатото ниво на квалитет на научна работа ги задоволува и исполнува условите потребни за изработка на докторска дисертација.

Потврда за научната тежина на темата се и објавените оригинални научни трудови од дисертацијата во престижни меѓународни научни списанија (меѓу кои и Sensors (IF 3.275), Applied Science (IF 2.474), International Journal of Engineering and Manufacturing, Balkan Journal of Applied Mathematics and Informatics, South-East European Journal of Sustainable Development).

Врз основа на претходно изнесеното, Комисијата има чест да му предложи на **Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 да ја прифати позитивната рецензија на докторската дисертација со наслов „Класификација на сцени снимени од воздух со методите на пренос на учење од конволуциски невронски мрежи“, изработена од докторандот м-р Бисерка Петровска и да одобри јавна одбрана на истата.**

РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА

Проф. д-р Зоран Здравев

претседател, редовен професор на Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип, с.р.

Проф. д-р Татјана Атанасова-Пачемска,

интерен ментор, член,
редовен професор на Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип, с.р.

Проф. д-р Томе Димовски,

екстерен ментор, член,
вонреден професор на Факултет за информатички и комуникациски технологии,
Универзитетот „Св. Климент Охридски“ - Битола, с.р.

Проф. д-р Цвета Мартиновска-Банде,

член, редовен професор на Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип, с.р.

Проф. д-р Наташа Стојковиќ,

член, вонреден професор на Факултет за информатика,
Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип, с.р.