

Рецензия

по процедура за защита на дисертационен труд на тема:
„Обобщаващи свойства на слоевете в конволюционните невронни мрежи“
за придобиване на
образователна и научна степен „доктор“

от

кандидат: **Антон Недялков Христов**

Област на висше образование: **4. Природни науки, математика и информатика**

Професионално направление: **4.6. Информатика и компютърни науки**

Докторска програма: **„Информационни системи“**, катедра: **„Компютърна информатика“**,

Факултет по математика и информатика (ФМИ),

Софийски университет „Св. Климент Охридски“ (СУ),

Рецензията е изготвена от: **проф. д.н. Стефка Стоянова Фиданова**, - ИИКТ-БАН

(академична длъжност, научна степен, име, презиме, фамилия - месторабота)

в качеството ми на член на научното жури, съгласно Заповед № РД-38-115 / 4.03.2025 г. и Видоизменяща Заповед № РД-38-201 от 11.04.2025 на Ректора на Софийския университет.

1. Обща характеристика на дисертационния труд и представените материали

Представения дисертационен труд съдържа 122 страници и се състои от Увод, 5 глави и заключение. Използвани са 117 литературни източника.

Глава 1 е уводна. Тя представя кратък преглед на проведеното изследване, поставената цел и свързаните с нея задачи за постигане на тази цел.

Основната цел на дисертационния труд е изследване на обобщаващите свойства на слоевете в конволюционните невронни мрежи и разработка на подходи, поддържащи

тези свойства, които позволяват решаване с висока производителност на практически задачи, насочени към разпознаването и откриването на обекти в непознати за тях данни.

За постигането на тази цел са формулиране следните задачи:

- Изследване на развитието на архитектурите на CNN и операции в тях, водещи до повишаване на производителността;
- Изследване на интерпретацията и визуализацията на визуалните концепти, на които реагират отделните слоеве в CNN;
- Изследване на обобщаващите свойства на CNN чрез изолиране и анализиране на приноса на отделни слоеве към производителността върху нови данни;
- Разработване на нов подход, доказващ, че всички конволюционни слоеве от една CNN съдържат в себе си обобщаващи свойства, влияещи върху класификацията на изображения;
- Разработване на основен модел на CNN за откриване на обекти и шаблони, използващ свойствата на локализация във всички слоеве.

Глава 2 е обзорна. В нея се прави преглед на досегашните изследвания в областта и постигнатите резултати от други автори. Показана е актуалността на тематиката. Разгледани са теоретичните основи на CNN. Показано е влиянието на отделните слоеве на CNN. Първите слоеве хващат ръбове и текстури. Средните слоеве са улавят специфични за задачата характеристики. Последните слоеве са специализирани за конкретната задача.

Глава 3 е посветена на теоретичните основи и обобщаващите свойства в слоевете на конволюционните невронни мрежи. В нея са разгледани основните методи за визуализация на отделни слоеве и неврони. Дадена е структурата и архитектурата на CNN. Разгледани са детайлно слой по слой. Детайлно е разгледан процесът на обучение на мрежата, както и сравнителен анализа на развитието на CNN.

Глава 4 е посветена на филтрите в конволюционните невронни мрежи, анализ и интерпретации. CNN е разгледана като структура, съдържаща независими един от друг детектори на визуални концепти. Комбинирането на тези детектори дава информация за входните данни.

В Глава 5 е представен основен модел за откриване на визуални шаблони. Основната цел е да бъдат създадени йерархични характеристики, включващи свойства за

локализация, обучени върху изображения без никакви анотации. Предложена е архитектура съдържаща малък брой параметри. Това помага за по-лесното настройване на модела. Подробно са дадени стъпките на обучението му.

Глава 6 е заключителна в нея са представени основните приноси по дисертацията. Направена е дискусия на постигнатите резултати.

Към дисертацията са добавени списък на фигурите и таблиците, което улеснява търсенето.

2. Данни и лични впечатления за кандидата

Кандидатът е получил бакалавърска степен по „Компютърни науки“ от ТУ-София през 2013 и магистърска степен по „Изкуствен интелект“ в СУ „св. Климент Охридски“ през 2015. През 2018 е започнал обучение в докторантура в СУ „св. Климент Охридски“.

Не познавам кандидата и нямам лични впечатления от него.

3. Съдържателен анализ на научните и научноприложните постижения на кандидата, съдържащи се в представения дисертационен труд и публикациите към него, включени по процедурата

Приносите на дисертанта могат да бъдат разделени на научни, научни-приложни и приложни. Научните приноси са както следва:

1. Идентифициране на ключови елементи към дизайна на CNN.
2. Направен е анализ и са приложени усъвършенствани методи за визуализация и анализ на КНН.
3. Въведено е ново понятие „вектор на визуални концепти“. Той дава информация за близостта между две изображения.

Научно приложните приноси са:

1. Разработен е нов метод за използване на филтри във вече обучени КНМ, като независим детектор на визуални концепти.

2. Проектирани са Self-TM модели, които са обучени върху задачата за локализиране на търсен обект.
3. Въведен е метод за йерархично разпределение на активации от последния към първия слой.
4. Разработен е нов метод за самоконтролирано обучение на два етапа.

Приложните приноси са:

1. Self-TM предоставя обучени модели с различни размери, за да отговорят на нуждите на различни приложения, хардуерни ограничения и потребителски предпочитания.

Тези научни постижения имат приложение при обработка на изображения. Те представляват както теоретичен, така и практически принос. Чрез това научно изследване дисертантът доказва, че не е вярно твърдението, че само крайните слоеве на КНМ съдържат обобщаващи свойства и съществени характеристики за решаване на дадена задача. Той показва, че и междинните слоеве съдържат такава информация и че КНМ трябва да бъдат разглеждани като пространствени модели, съдържащи независима информация и самостоятелни изчислителни единици. Структурата на КНМ е разгледана подробно, като са дадени основните характеристики и значение на отделните слоеве. Важна част от изследването е разбирането на вътрешното функциониране на КНМ. Показано е, че началните слоеве улавят визуални характеристики на ниско ниво, като ръбове и текстури, а по-дълбоките слоеве извличат абстрактна информация. Въведен е нов метод за анализиране на филтрите на КНМ, като е въведено понятието вектор на визуални концепти. Въведено е семейство от основни модели за прецизно локализиране на шаблони, откриване на плътно съвпадение на шаблони и разрежено съвпадение на изображения с използване на техники за самоконтролирано обучение.

Апробация на резултатите

Резултатите от дисертационния труд са докладвани на пролетната сесия на ФМИ, и на международна конференция, като докладът от международната конференция е спечелил награда за най-добра статия.

Резултатите от дисертацията са публикувани в 3 научни публикации, една на български език в списанието на съюза по автоматика и информатика, една в сборник от конференции с импакт ранг и една в списание с импакт фактор в Q1.

Забелязани са 3 цитирания на публикацията с импакт ранг. Няма изискване за цитирания за придобиване на образователна и научна степен „Доктор“, но наличието на такива показва качеството на получените резултати.

Моето мнение е, че:

- а) научните трудове отговарят на минималните национални изисквания (по чл. 2б, ал. 2 и 3 на ЗРАСРБ) и съответно на допълнителните изисквания на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване на образователна и научна степен „доктор“ в научната област и професионално направление на процедурата;
- б) представените от кандидата резултати в дисертационния труд и научни трудове към него не повтарят такива от предишни процедури за придобиване на научно звание и академична длъжност ;
- в) няма доказано по законоустановения ред плагиатство в представения дисертационен труд и научни трудове по тази процедура.

4. Качества на автореферата

Авторефератът отговаря на всички изисквания за изготвянето му, като представя коректно резултатите и съдържанието на дисертационния труд.

5. Критични бележки и препоръки

Нямам съществени критични бележки към съдържанието на дисертацията и нейното цялостно оформление. Кандидатът е първи съавтор на трите публикации,

свързани с дисертацията, което недвусмислено показва съществения му принос. От направения литературен обзор личи, че дисертантът е навлязъл дълбоко в тематиката на дисертацията. Единствено забелязах някои недобре структурирани изречения, но това е забележка от технически характер и тя не намалява качеството и значимостта на получените резултати.

6. Заключение

След като се запознах с представените в процедурата дисертационен труд и придружаващите го научни трудове и въз основа на направения анализ на тяхната значимост и съдържащи се в тях научни и научноприложни приноси, **потвърждавам**, че представеният дисертационен труд и научните публикации към него, както и качеството и оригиналността на представените в тях резултати и постижения, отговарят на изискванията на ЗРАСРБ, Правилника за приложението му и съответния Правилник на СУ „Св. Климент Охридски“ за придобиване от кандидата на образователната и научна степен „доктор“ в научната област **4. Природни науки, математика и информатика** и професионално направление **4.6. Информатика и компютърни науки**. В частност кандидатът удовлетворява минималните национални изисквания в професионалното направление и не е установено плагиатство в представените по конкурса научни трудове.

Въз основа на гореизложеното, **препоръчвам** на научното жури да присъди на Антон Недялков Христов образователна и научна степен „доктор“ в научна област **4. Природни науки, математика и информатика.**, професионално направление **.4.6. Информатика и компютърни науки (Информационни системи).**

09.05.2025 г.

Изготвил рецензията:

(проф. д.н. Стефка Стоянова Фиданова)

Забележка:

Рецензията се изготвя задължително на български и на английски език и е в препоръчителен обем 6 – 7 стандартни печатни страници.

Рецензията се предава в законоустановения срок на административния секретар по процедурата в електронен вид и в два подписани екземпляра на хартиен носител, запечатани в плик.