

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу
Статкевича Романа Вадимовича
на тему «Метод сегментації зображень з використанням глибоких
нейронних мереж»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 12 Інформаційні технології
за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення

Актуальність теми дисертації.

В останні роки глибокі нейронні мережі набули великої популярності завдяки збільшенню обчислювальної потужності та наявності зручних і доступних інструментів розробки. Це дозволило застосовувати нейронні мережі у різноманітних галузях, таких як аналіз медичних зображень, самокеровані автомобілі, аналіз супутникових знімків, обробка природньої мови, генеративні мережі, тощо. Особливого поширення набули нейронні мережі для аналізу зображень та інших мультимедійних даних. Найчастіше для вирішення цієї використовують саме згорткові нейронні мережі, які широко застосовуються завдяки простоті, високій швидкості тренування та відносно невеликим обсягам наборів даних, на яких можливо натренувати нейронну мережу. Разом з цим, у даній сфері все ще існує значна кількість невирішених проблем, зокрема пов'язаних з необхідністю покращення точності результатів і оптимізації використання ресурсів.

Збільшення розмірів нейронних мереж та обчислювальних ресурсів, що використовуються для їх тренування, дозволяє покращити результати машинного навчання. Але досі актуальним залишається напрямок модифікації архітектури, який у ряді випадків може істотно покращити параметри машинного навчання без збільшення початкових наборів даних. За останні роки, було створено велику кількість структурних компонентів нейронних мереж, поєднання яких у нову архітектуру може спричинити синергетичний ефект покращення результатів класифікації нейронними мережами. Данна дисертаційна робота присвячена дослідженням саме у цьому напрямку.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

Вперше було запропоновано спосіб підбору коефіцієнта розширення для архітектури U-Net на основі гіперпараметрів коефіцієнта розширення R та

глибини мережі δ , який, на відміну від існуючих підходів, дозволяє регулювати розміри нейронної мережі за рахунок зменшення кількості каналів у згорткових шарах та збільшення глибини архітектури, таким чином надаючи можливість отримати мережі менших розмірів, що працюють швидше, і досягають точності передбачення, співставну з базовою архітектурою, або збільшити глибину та розмір нейронної мережі в рамках обмежених ресурсів для досягнення більшої точності результатів.

Вперше було запропоновано спосіб глибинних роздільних проміжних зв'язків (англ. Depthwise Separable Skip Connections) архітектури U-Net на основі глибинних роздільних згорток, який на відміну від існуючих методів модифікації архітектури U-Net дозволяє збільшити точність сегментації з набагато меншим приростом кількості додаткових параметрів (від 1% до 10%), таким чином вдалося покращити точність сегментації зображення при незначному збільшенні розміру нейронної мережі.

Подальшого розвитку набули методи на основі згорткових нейронних мереж типу «шифрувальник-дешифрувальник» сімейства U-Net, що на відміну від існуючих методів мають менші розміри та меншу кількість шарів, а також мають модульну будову, таким чином даючи можливість замінити компоненти архітектури з метою збільшення точності сегментації, та дозволяють використовувати дані нейронні мережі в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі обчислювальної техніки КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках затвердженого плану наукової роботи кафедри, що враховує розпорядження Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. під керівництвом професора кафедри обчислювальної техніки, д. ф-м. н. Гордієнка Юрія Григоровича. Запропоновані в дисертації методи використані у науково-дослідних проєктах:

- "Платформа штучного інтелекту для виявлення та діагностики хвороб людини". №2020.01/0490, профінансовано Національним фондом досліджень України
- "Knowledge At the Tip of Your fingers: Clinical Knowledge for Humanity" (KATY) (укр. «Знання на кінчиках Ваших пальців: клінічні знання для людства»), № 101017453, який фінансується в рамках програми Horizon (укр. "Горизонт" 2020 Європейського Союзу;

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання підвищення точності семантичної сегментації зображень за рахунок запропонованих у роботі модифікацій архітектури нейронних мереж типу "шифрувальник-

дешифрувальник" на прикладі архітектури U-Net виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Статкевича Р.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення»

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям 12 Інформаційні технології.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Статкевича Романа Вадимовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, копіювання, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Текст дисертації викладений логічно та послідовно, його оформлення відповідає чинним вимогам. Автор дотримується наукового стилю та використовує загальноприйнятну термінологію.

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації - 157 сторінок.

У вступі обгрунтована актуальність теми дисертаційного дослідження, наведені його мета і завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, наведено наукову новизну результатів дисертаційного дослідження та їх практичне значення, вказано апробацію та публікації.

У першому розділі розглянуті теоретичні відомості згорткових нейронних мереж для сегментації зображень, їх основні компоненти, проблематика їх застосування. Розглянуто основні архітектури нейронних мереж, що використовуються для аналізу зображень, описано та аргументовано вибір архітектур нейронних мереж U-Net для проведення досліджень з метою покращення їх результатів, розглянуто будову даної архітектури, а також поширені модифікації. Також коротко розглянуто деякі сфери застосування згорткових нейронних мереж на прикладі аналізу міського середовища та аналізу медичних зображень.

У другому розділі запропоновано способи модифікації нейронних мереж U-Net, такі як спосіб варіації коефіцієнта розширення та спосіб роздільних проміжних зв'язків, а також описано їх основні принципи. На основі

запропонованих способів, було описано метод сегментації з використанням модифікованих нейронних мереж U-Net.

У третьому розділі наведено опис використаних у роботі наборів даних для сегментації дво- та тривимірних зображень. Також описано середовище виконання експериментів та набір програмних засобів для реалізації запропонованого методу. У даному розділі наведено основні результати експериментів, проведених на різних наборах даних, з описом основних аспектів кожного експерименту (використані попередні модифікації тренувальних даних, використання К-кратної перехресної валідації, тощо).

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus, з яких 3 статей у виданнях, віднесених до першого — третього квартилів (Q1—Q3) відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports;

Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях.

У наведених публікаціях достатньо повно представлено результати дисертаційної роботи. Порухення академічної доброчесності в них не виявлено. Особистий внесок здобувача у публікаціях, зазначений у дисертації, свідчить про його авторство у відповідних наукових досягненнях.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Перший пункт наукової новизни сформульований, на мій погляд, недостатньо коректно, оскільки не визначено для яких саме результатів вдалося досягти підвищення точності.
2. При формулюванні другого пункту наукової новизни використано термін, який допускає неоднозначне трактування результату дослідження. Зокрема не зрозуміло, що означає термін “незначне збільшення розміру нейронної мережі”.
3. З метою отримання більш порівнюваних результатів розпізнавання зображень варто було використати широкоживаний набір даних ImageNet, який спеціально призначений для тестування систем розпізнавання.
4. Допущена певна неточність у назві пункту 4.4 та відповідних підпунктах дисертаційної роботи. У цьому пункті та його підпунктах

задекларовано вимірювання швидкодії, але проведено вимірювання параметрів продуктивності.

5. У відповідності до стандарту ДСТУ 8302:2015 при оформленні літературних джерел ініціали автора розміщують після прізвища автора.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Статкевича Романа Вадимовича на тему «Метод сегментації зображень з використанням глибоких нейронних мереж» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 12 Інформаційні технології. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Статкевич Роман Вадимович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Рецензент:

професор кафедри
обчислювальної техніки
Національного технічного
університету України
“Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”,
д. т. н., с.н.с.



Михайло НОВОТАРСЬКИЙ



21 травня 2024 року

