

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України



Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського”

к.філос.н., проф.

Анатолій МЕЛЬНИЧЕНКО

“21” березня 2024 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 10 від 20 березня 2024 р. розширеного засідання
кафедри обчислювальної техніки

Національного технічного університету України

“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

-з кафедри обчислювальної техніки: проф., д.ф.-м.н. Гордієнко Ю.Г.; доцент, к.т.н. Долголенко О.М.; проф., д.т.н. Жабін В.І.; доцент, к.т.н. Корочкін О.В.; проф., д.т.н. Кулаков Ю.О.; доцент, к.т.н. Марковський О.П.; проф., д.т.н. Новотарський М.А.; проф., д.т.н. Писарчук О.О.; старший викладач, к.т.н. Порєв В.М.; доцент, к.т.н. Роковий О.П.; доцент, к.т.н. Русанова О.В.; доцент, к.т.н. Селіванов В.Л.; проф., д.т.н. Сергієнко А.М.; проф., д.т.н. Стіренко С.Г.; проф., д.т.н. Луцький Г.М.; доцент, к.т.н. Ткаченко В.В.;

-з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського: проф., завідувач кафедри прикладної математики, д.т.н. Чертов О.Р.

-запрошені з інших організацій: проф., д.т.н. Шаховська Н. Б., завідувачка кафедри систем штучного інтелекту Інституту комп'ютерних наук та інформаційних технологій Національного університету «Львівська політехніка»; проф., д.т.н. Глибовець А.М., декан Факультету Інформаційних Технологій, Національного Університету України “Києво-Могилянська Академія”

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри обчислювальної техніки Статкевича Романа Вадимовича за матеріалами дисертаційної роботи “Метод сегментації зображень з використанням глибоких нейронних мереж”, поданої на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Освітньо-наукова програма Інженерія програмного забезпечення..

Тему дисертаційної роботи “Метод сегментації зображень з використанням глибоких нейронних мереж” затверджено на засіданні Вченої ради факультету інформатики та обчислювальної техніки (протокол № 3 від “19” жовтня 2020 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради факультету інформатики та обчислювальної техніки (протокол № 8 від “19” лютого 2024 року).

Науковим керівником затверджений д.ф.-м.н., с.н.с Гордієнко Ю. Г.

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили:

д.т.н Стіренко С.Г.; проф., д.т.н. Новотарський М.А.; проф. д.т.н. Шаховська Н. Б., проф., д.т.н. Писарчук О.О.;

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь:

проф. д.т.н Луцький Г.М.; д.т.н Стіренко С.Г.; проф., д.т.н. Новотарський М.А.; проф. д.т.н. Шаховська Н. Б., проф., д.т.н. Писарчук О.О.; проф., д.ф.-м.н. Гордієнко Ю.Г.;

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

В останні роки глибокі нейронні мережі набули поширеного застосування завдяки збільшенню обчислювальної потужності та наявністю доступних інструментів розробки. Особливого поширення набули нейронні мережі для аналізу зображень та різного роду мультимедійних матеріалів у контексті семантичної сегментації зображень. Найчастіше з даною метою використовують згорткові нейронні мережі, які займають широку нішу завдяки простоті, швидкості тренування та невеликим об’ємам наборів даних, на яких можливо натренувати нейронну мережу до задовільних результатів.

Разом з цим, в цій сфері все ще наявне широке поле для покращень результатів, оптимізації моделей і пошуків нових способів використання.

Збільшення розмірів нейронних мереж та кількості матеріальних ресурсів, що використовуються для тренування нейронних мереж, дозволило досягнути значних успіхів, однак точність результатів нейронних мереж часто обмежується архітектурними особливостями, що призводить до того, що збільшення розмірів та часу тренування не призводить до покращення результатів. Саме тому важливими є також якісні зміни у архітектурах, що дозволяють покращити точність результатів. За останні роки, було запропоновано велику кількість архітектур нейронних мереж, що використовують різні структурні компоненти, та дозволяють комбінувати та інтегрувати їх у інші архітектури з метою покращення результатів цих нейронних мереж.

У даній роботі було запропоновано ряд модифікацій, що використовують глибинні (англ. Depthwise) згорткові шари на проміжних зв'язках архітектури нейронної мережі U-Net, а також спосіб підбору коефіцієнту розширення мережі U-Net, з метою її збільшення для покращення результатів або зменшення з метою оптимізації використання ресурсів, а також було показано доцільність використання даних модифікацій для задач сегментації зображень у різних доменах, таких як розпізнавання міського середовища, та аналіз медичних зображень – теми, що актуальні у поточних науково-технічних дослідженнях.

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Тема дисертаційної роботи входить до плану наукової роботи, затвердженому на кафедрі обчислювальної техніки КПІ ім. Ігоря Сікорського, що враховує розпорядження Кабінету Міністрів України від 2 грудня 2020 р. № 1556-р про схвалення Концепції розвитку штучного інтелекту в Україні. Запропоновані у дисертації методи використані у науково-дослідних проектах:

- "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" (КАТУ) (укр. «Знання на кінчиках Ваших пальців: клінічні знання для людства»), № 101017453, який фінансується в рамках програми Horizon (укр. "Горизонт" 2020 Європейського Союзу;

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

Вперше було запропоновано спосіб підбору коефіцієнту 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 створено умови і можливості для заміни компонент архітектури з метою збільшення точності сегментації та використання нейронних мереж типу «шифрувальник-дешифрувальник» сімейства U-Net в умовах обмежених обчислювальних ресурсів.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи

Отримані результати дозволяють розширити арсенал засобів для роботи з нейронними мережами у різноманітних сферах. В даній роботі було розглянуто використання нейронних мереж для аналізу медичних зображень (зокрема, у контексті діагностики та виявлення пухлин), а також аналізу міського середовища в контексті автомобільного руху, що підтверджує можливість використання запропонованого методу модифікації архітектури U-Net у широкому полі практичних застосувань. В результаті проведених досліджень, було встановлено, що завдяки незначним запропонованим в роботі модифікаціям до існуючих архітектур нейронних мереж, використання запропонованого методу може приводити як до збільшення точності сегментації зображень, так і до пришвидшення швидкодії нейронної мережі, в залежності від обраних гіперпараметрів та наявних ресурсів.

5. Апробація/використання результатів дисертації

Основні результати роботи опубліковано та обговорено на міжнародних та всеукраїнських наукових конференціях, зокрема на:

- International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications 2022 Feb 21 (pp. 488-498),
- International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing 2023 Jun 18, IEEE EUROCON 2021-19th
- International Conference on Smart Technologies 2021 Jul 6,
- International Conference on Computer Science, Engineering and Education Applications, 18-21 Jan 2021

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Статкевича Романа Вадимовича визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 4 наукових публікацій, у тому числі:

- 4 статті у періодичних наукових виданнях проіндексованих у базах Scopus та/або Web of Science Core Collection (згідно частини 2 пункту 8 Постанови Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року), з них 3 статті у виданнях, що відносяться до квартілю Q3 і таким чином, кожна з них прирівнюється до двох наукових публікацій (згідно частини 4 пункту 8 Постанови Кабінету Міністрів України №44 від 12 січня 2022 року);

1. **Statkevych, R., Gordienko, Y., Stirenko, S. (2022).** Improving U-Net Kidney Glomerulus Segmentation with Fine-Tuning, Dataset Randomization and Augmentations. In: Advances in Computer Science for Engineering and Education. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 134. ISSN 2367-4520 (electronic) | Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04812-8_42, - Scopus, Q3

Внесок здобувача - розробка методу покращення існуючого методу на базі архітектури нейронних мереж U-Net та використанням попередньої модифікації даних і різних гіперпараметрів;

2. **Statkevych, R., Gordienko, Y., Stirenko, S. (2023).** Expansion Rate Parametrization and K-Fold Based Inference with U-Net Neural Networks for Multiclass Medical Image Segmentation. In: Artificial Intelligence and Soft Computing. Lecture Notes in Computer Science(), vol 14125. ISSN 0302-

9743, Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42505-9_22, - Scopus, Q3

Внесок здобувача - запропоновано спосіб модифікації нейронних мереж U-Net з використанням зміни коефіцієнту розширення, проведення експериментів.

3. **Statkevych R**, Gordienko Y, Stirenko S. Improving Pedestrian Detection Methods by Architecture and Hyperparameter Modification of Deep Neural Networks. In Advances in Artificial Systems for Logistics Engineering 2021 (pp. 44-53). ISSN 2367-4512, Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-80475-6_5, - Scopus, Q3

Внесок здобувача - запропоновано спрощення існуючого підходу в контексті автомобільного руху, що дозволило пришвидшити час виконання та зменшити розміри нейронної мережі

4. **Statkevych R**, Stirenko S, Gordienko Y. Human kidney tissue image segmentation by U-Net models. | *IEEE Xplore digital library*. <https://doi.org/10.1109/EUROCON52738.2021.9535599>, - Scopus

Внесок здобувача - запропоновано використання архітектури U-Net для сегментації мікроскопічних знімків тканини нирок

Якість та кількість публікацій відповідають “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”.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Статкевича Романа Вадимовича “Метод сегментації зображень з використанням глибоких нейронних мереж”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПП ім. Ігоря Сікорського “Інженерія програмного забезпечення” зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Метод сегментації зображень з використанням глибоких нейронних мереж”, подану Статкевичем Романом Вадимовичем

на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., професор, завідувач кафедри прикладної математики КПІ ім. Ігоря Сікорського Чертов Олег Романович;

Члени:

Рецензенти:

д.т.н., с.н.с, професор кафедри обчислювальної техніки КПІ ім. Ігоря Сікорського Новотарський Михайло Анатолійович;

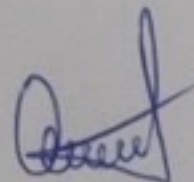
д.т.н., професор кафедри обчислювальної техніки КПІ ім. Ігоря Сікорського Писарчук Олексій Олександрович;

Офіційні опоненти:

д.т.н, професорка, завідувачка кафедри систем штучного інтелекту Інституту комп'ютерних наук та інформаційних, Шаховська Наталія Богданівна;

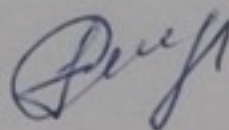
д.т.н., професор, декан факультету інформатики Національного Університету "Києво-Могилянська Академія", Глибовець Андрій Миколайович,

Головуючий на засіданні
д.т.н., професор, завідувач кафедри
обчислювальної техніки



Сергій СТИРЕНКО

Вчений секретар
кафедри обчислювальної техніки
к.т.н., доцент



Ольга РУСАНОВА