Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0824U001840

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 07-05-2024

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Статкевич Роман Вадимович
2. Roman V. Statkevych

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-3008-9221

Вид дисертації: доктор філософії

Шифр наукової спеціальності: 121

Назва наукової спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Галузь / галузі знань:

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Інженерія програмного забезпечення

Дата захисту:

Спеціальність за освітою: Інженерія програмного забезпечення

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Сектор науки: Не застосовується

III. Відомості про дисертацію

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): ДФ 26.002.165; ID 5594

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.23.15

Тема дисертації:

1. Метод сегментації зображень з використанням глибоких нейронних мереж
2. Method of image segmentation using deep neural networks

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена розробці та удосконаленню нейронних мереж для семантичної сегментації зображень, що базуються на архітектурі U-Net, та дозволяє покращити результати та метрики передбачень, у порівнянні з базовою архітектурою. Аналіз зображень у контексті семантичної сегментації є однією з актуальних задач, що широко використовуються у різних галузях, таких як аналіз та діагностика медичних зображень, автономні автомобілі, тощо. Покращення методів семантичної сегментації дозволяє краще виявляти патології у людському організмі, а для систем управління автомобілем – краще розуміти

навколишнє середовища та краще реагувати на виникнення небезпечних ситуацій у процесі дорожнього руху. Саме тому важливо постійно удосконалювати уже наявні методи. Тема дисертаційної роботи входить в план 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. Метою дисертації було покращення існуючих засобів аналізу зображень в контексті задач сегментації зображень, що дозволять отримувати більш точні результати. Для досягнення цієї мети, було поставлено та вирішено наступні завдання: - Проведено огляд та описано особливості основних архітектур нейронних мереж для аналізу зображень в контексті задач класифікації та сегментації; - У деталях розглянуто сімейство нейронних мереж U-Net; - Запропоновано та обґрунтовано методи модифікації архітектур U-Net з використанням способу підбору коефіцієнта розширення та способу глибинних роздільних проміжних зв'язків. - Проведено велику кількість експериментів на різних наборах даних, з використанням різних підходів та запропонованих нововведень і K-кратної перехресної перевірки для підтвердження якісних покращень результатів. - Проведено виміри впливу запропонованого методу модифікації нейронної мережі U-Net на метрики швидкодії та пам'яті Запропоновано спосіб підбору коефіцієнту розширення архітектури U-Net, що дозволяє регулювати глибину нейронної мережі та збільшення (чи зменшення) кількості параметрів даної архітектури. Завдяки цьому з'явилася можливість оптимізувати розмір нейронної мережі, та отримати результати, співставні з результатами базової архітектури, при 2.5 меншій кількості параметрів нейронної мережі. Також було запропоновано спосіб глибинних роздільних проміжних зв'язків архітектури U-Net, що базується на основі глибинних роздільних згорткових шарів. Дана модифікація дозволила покращити точність сегментації при незначному збільшенні кількості параметрів. Разом з цим, ці модифікації дозволяють також покращувати результати не лише базової архітектури U-Net, але і її модифіковані версії, що було показано на прикладі Attention-UNet. Для різних наборів даних, було виявлено щонайменше один з варіантів модулів глибинних роздільних проміжних зв'язків, що дозволив покращити точність сегментації від 1% до 5%. У деяких випадках дане покращення було досягнуте за рахунок збільшення архітектури лише на 1%, що підтверджує якісні властивості даних змін. На основі запропонованих способів, було розроблено метод модифікації нейронних мереж U-Net для задач сегментації зображень, з використанням мови програмування Python та бібліотеки Tensorflow для експериментального підтвердження доцільності даних модифікацій. Експерименти було проведено у різних доменах знань, таких як аналіз медичних зображень, а також аналіз міського середовища. Також, запропоновані підходи були перевірені як на двовимірних зображеннях, так і тривимірних об'ємах, що підтверджує практичність застосування запропонованих у роботі способів модифікації нейронних мереж. Для експериментів використовувалися відомі набори даних, такі як UWGIT, BraTS, CityScapes, Synapse. Було також продемонстровано, що запропоновані модифікації дозволяють досягнути, а в деяких випадках, перевершити точність деяких відомих та широковживаних архітектур нейронних мереж. Окрім того, було проведено аналіз швидкодії та використання пам'яті для запропонованих модифікацій нейронних мереж. Було встановлено, що глибші мережі, які використовують підхід з коефіцієнтом розширення, можуть працювати швидше, аніж базова архітектура, при приблизно однаковій точності сегментації. Розроблений метод має велике практичне значення та широке поле для застосування у галузі аналізу зображень, що було експериментально підтверджено у ході досліджень.

2. This work is dedicated to the development and improvement of the neural networks in a context of semantic segmentation, based on U-Net architecture, which allows for improved overall evaluation and performance metrics, compared to the baseline U-Net model. The topic of the dissertation was agreed upon by the Department of Computer Engineering of the National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorskiy Kyiv Polytechnic Institute", in accordance with Cabinet of Ministers Order №1556-p on the concept of development of Artificial Intelligence in Ukraine. The goal of the dissertation was an improvement of existing semantic image segmentation methods, that allow to improve results and effectiveness of neural networks. To achieve the stated goal, the next tasks and problems were solved: - Existing semantic image segmentation methods and neural network architectures. - The family of U-Net neural network architectures was studied in detail. - As part of the proposed

method, expansion rate variation and depthwise separable skip connections were proposed as modifications to the baseline U-Net architecture. - Many experiments were conducted on different datasets, using different approaches and proposed novel improvements. To confirm the quality nature of the change, K-fold cross-validation was performed; - The benchmark was conducted for the proposed improvements and modifications to get inference time and memory usage metrics. The proposed expansion rate variation method allows the developer to regulate the number of parameters for the U-Net network, enabling deeper networks with fewer parameters. Using this approach, it is possible to optimize the size and the performance of the model and get the same evaluation results as a baseline model, with 2.5 fewer parameters. Another proposal is using Depthwise Separable Skip Connections, based on Depthwise Separable Convolutions. This modification allowed to improve the results of the model with a relatively small size increase for a model. It is also possible to improve other U-Net-like models, as demonstrated in the Attention-UNet model. For different datasets, at least one of the suggested modifications managed to improve a result of the baseline model, with this improvement measured between 1-5%. It was also shown on the K-fold cross-validation, that these modifications could steadily outperform the baseline model. In some cases, this improvement was achieved by a model with just a 1% increase in a number of parameters, which proves this is a quality improvement. Utilizing the proposed modifications, a method for image segmentation using modified U-Net architectures was developed with Python programming language and TensorFlow library, to prove the feasibility of these modifications. Experiments were conducted in different knowledge domains, such as Computer Assisted Diagnostics and road environment analysis. Also, these methods were used for analyzing both 2-dimensional images and 3-dimensional volumes, which proves the practicality of using these methods. For the experiments, well-known state-of-the-art datasets were used, such as the University of Wisconsin Gastrointestinal (UWGIT), Cityscapes, Synapse, and Brain Tumor Segmentation (BraTS). It was also demonstrated that the proposed methods may match, and sometimes outperform some of the State-Of-The-Art models, aside from baseline U-Net. Besides that, some performance and productivity metrics were measured for the proposed network architectures. It was noted, that deeper networks with an expansion rate approach may have better inference times than a baseline model and match its quality. The suggested methods have a big practical value and a wide range of applications in the field of image analysis, which was proven during the conducted experiments.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- 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
- 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
- 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
- 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

Наукова (науково-технічна) продукція: програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення якості життя та здоров'я населення, ефективності діагностики та лікування хворих; забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг; покращення точності аналізу зображень

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Гордієнко Юрій Григорович
2. Gordienko Yuri

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.04.13

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-2682-4668

Додаткова інформація: https://scholar.google.com.ua/citations?user=mnJFS3sAAAAJ&hl=uk; https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701855242

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Глибовець Андрій Миколайович
2. Andrii M. Hlybovets

Кваліфікація: д. т. н., доц., 01.05.03

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0003-4282-481X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Києво-Могилянська академія"

Код за ЄДРПОУ: 16459396

Місцезнаходження: вул. Г. Сковороди, буд. 2, Київ, 04070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шаховська Наталія Богданівна
2. Nataliia B. Shakhovska

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.13.06

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-6875-8534

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Писарчук Олексій Олександрович
2. Oleksiy O. Pysarchuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.22.13

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0001-5271-0248

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Новотарський Михайло Анатолійович
2. Mykhailo A. Novotarskyi

Кваліфікація: д.т.н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCHID ID: 0000-0002-5653-8518

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Чертов Олег Романович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Чертов Олег Романович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Статкевич Роман Вадимович
Реєстратор	УкрІНТЕІ
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	Юрченко Тетяна Анатоліївна