# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0824U001465

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 05-04-2024

**Статус:** Наказ про видачу диплома

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:** Наказ НТУ "ХПІ" №882СТ від 11.06.2024

## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Яловега Владислав Анатолійович
2. Vladyslav A. Yaloveha

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0001-7109-9405

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 123

**Назва наукової спеціальності:** Комп’ютерна інженерія

**Галузь / галузі знань:** інформаційні технології

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Комп’ютерна інженерія

**Дата захисту:** 24-05-2024

**Спеціальність за освітою:** 123 Комп'ютерна інжеренія

**Місце роботи здобувача:** Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071180

**Місцезнаходження:** вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

## III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 64.050.133-5263

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071180

**Місцезнаходження:** вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, 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 "Харківський політехнічний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071180

**Місцезнаходження:** вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, 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, 28.23.37, 89.57.35

### Тема дисертації:

1. Методи обробки мультиспектральних зображень в комп'ютеризованій системі на основі нейронних мереж глибокого навчання

2. Multispectral images processing methods in a computerized system based on deep learning neural networks

### Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі обробки мультиспектральних супутникових зображень на основі нейронних мереж глибокого навчання у комп'ютеризованій системі з метою підвищення ефективності та якості роботи рішень, що матимуть можливість отримання оперативної інформації про об'єкти земної поверхні під час проведення дистанційного зондування земної поверхні. Метою дисертаційної роботи є підвищення якості класифікації

оперативної інформації про об'єкти земної поверхні при проведенні дистанційного зондування за рахунок розробки нових та удосконалення існуючих методів класифікації мультиспектральних супутникових зображень на основі методів глибокого навчання. Об'єкт дослідження – процес класифікації мультиспектральних супутникових зображень дистанційного зондування земної поверхні в комп'ютеризованій системі. Предмет дослідження – методи та засоби багатокласової класифікації на основі методів глибокого навчання. За результатами дисертаційного дослідження отримано такі наукові результати: 1. Вперше запропоновано метод багатокласової класифікації мультиспектральних супутникових зображень земного покриву, який відрізняється від відомих процедурою пошуку оптимального набору спектральних індексів на основі вперше запропонованої архітектури згорткової нейронної мережі в комп'ютеризованій системі, що дозволило підвищити точність класифікації об'єктів земної поверхні. 2. Отримав подальший розвиток метод оптимізації згорткових нейронних мереж для задачі багатокласової класифікації супутникових зображень земного покриву за рахунок запропонованої процедури проведення оптимізації етапами структурного та параметричного налаштування при заданих бюджетних обмеженнях, що з одного боку дозволило підвищити результуючі метрики оцінки якості класифікації супутникових зображень згортковою нейронною мережею, а з іншого – врахувати наявні ресурсні обмеження. 3. Удосконалено метод багатокласової класифікації мультиспектральних супутникових зображень земного покриву високої розрізнювальної здатності, який відрізняється від відомих трансферним навчанням згорткових нейронних мереж на основі запропонованого набору даних EuroPlanet високої роздільної здатності та пошуком оптимальної конфігурації спектральних індексів, що дозволило підвищити точність класифікації даних дистанційного зондування земної поверхні та ефективність роботи моделі нейронної мережі й на території України. Розроблені та удосконалені методи є науково-методичною основою розробки алгоритмів та програмного забезпечення, практичне значення яких полягає в таких аспектах: - розроблено метод та програмне забезпечення побудови згорткової нейронної мережі для задачі багатокласової класифікації мультиспектральних супутникових зображень із оптимальним набором спектральних індексів, що дозволяє підвищити точність класифікації до 84,19% та метрику F1 до 84,05%; - отримав подальший розвиток метод та розроблено програмне забезпечення для оптимізації згорткових нейронних мереж задачі класифікації супутникових зображень земної поверхні, що покращило точність класифікації та метрику оцінки якості нейронних моделей F1 до 97.04% та до 97.05% відповідно, а для класів Herbaceous Vegetation, Permanent Crop, та Highway метрика F1 на тестовому наборі даних зросла до 20%. До того ж, використання сучасного фреймворку Ray Tune дозволило ефективно використати наявні ресурси з огляду визначених бюджетних обмежень; - розроблено процедуру фільтрації якісних супутникових зображень високої роздільної здатності, що пришвидшило й автоматизувало формування набору даних EuroPlanet у комп'ютеризованій системі; - удосконалено метод та розроблене програмне забезпечення багатокласової класифікації зображень земного покриву набору даних EuroPlanet високої роздільної здатності та з оптимальною конфігурацією спектральних індексів. Точність класифікації на тестових даних склала 93,83%, а метрика F1 зросла до 93,56%. Показано можливість практичного застосування удосконаленого метода. За результатами дослідження підтверджено теоретичну та практичну цінність розроблених методів та процедур, надано практичні рекомендації щодо їх застосування в умовах повномасштабного російського вторгнення в Україну та розглянуто перспективи подальшого розвитку запропонованих методів.

2. The dissertation work is devoted to the solution of an actual scientific and technical problem of multispectral satellite images processing based on deep learning neural networks in a computerized system to increase the performance and solutions quality that will have the possibility of obtaining actual information about Earth's surface objects during Earth remote sensing. The purpose of the dissertation is to increase the classification quality of actual information about Earth's surface objects during remote sensing by developing new and improving existing multispectral satellite images classification methods based on deep learning methods. The object of research is the process of Earth remote sensing multispectral satellite images multiclass classification in a computer system. The subject of research is methods and means of multiclass classification in a computer system based on deep learning methods. The introduction substantiates the relevance of a scientific and technical

problem of Earth's surface multispectral images processing in a computerized system, presents the connection of the work with scientific programs, plans, and topics, provides scientific novelty, presents the practical significance of the obtained results and provides the applicant personal contribution information with publications on the topic of the dissertation. The scientific novelty of the results. As a result of the dissertation work, the following scientific results were obtained within this area: 1. For the first time, a method of Earth's surface multispectral satellite multiclass classification images is proposed, which differs from the known procedure of finding the optimal set of spectral indexes based on the proposed architecture of a convolutional neural network in a computerized system, which increased the Earth's surface objects classification accuracy. 2. The method of multispectral multiclass images classification based on a convolutional neural network with spectral indexes has been improved by optimizing the proposed procedure of rough-tuning and fine-tuning stages under given budget restrictions, which on the one hand increased the satellite images classification quality result metrics of a convolutional neural network, and on the other hand, considered existing resource limitations. 3. The method of Earth's cover high-resolution multispectral satellite multiclass classification images was improved, which differs from the known by transfer learning of convolutional neural networks based on the proposed high-resolution EuroPlanet dataset and the optimal spectral indexes configuration and made increased the Earth remote sensing data classification accuracy and the neural network model performance on the Ukrainian territory. The developed and improved methods are the scientific and methodological basis for the designing algorithms and software. The practical results include the following: – the method and software for designing a convolutional neural network were developed for the task of multispectral multiclass satellite images classification with an optimal set of spectral indexes, which increased the classification accuracy up to 84.19% and the F1 metric up to 84.05%; – the improved convolutional neural networks optimization method and software have been developed for the task of the Earth’s surface satellite images, which increased the classification accuracy and F1 metric to 97.04% and 97.05% respectively, and for the classes Herbaceous Vegetation, Permanent Crop, and Highway the F1 metric on the test dataset increased up to 20%. In addition, the use of the modern Ray Tune framework made it possible to effectively use the available resources under the defined budget restrictions; – the high-quality high-resolution satellite images filtering procedure has been developed, which accelerated and automated the creation of the EuroPlanet dataset in a computerized system; – the multiclass land cover EuroPlanet high-resolution images with the optimal configuration of spectral indexes classification method has been improved and software has been developed. The classification accuracy on the test data increased to 93.83%, and the F1 metric increased to 93.56%. The practical possibility of using the improved method is shown. The research results confirmed the practical and theoretical significance of the developed methods and procedures, provided practical recommendations for the application of the developed methods in the conditions of a full-scale Russian invasion of Ukraine, and considered the prospects for their further development.

**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:**

- 1. V. Yaloveha, A. Podorozhniak, H. Kuchuk, and N. Garashchuk, "Performance comparison of CNNs on high-resolution multispectral dataset applied to land cover classification problem", Radioelectronic and Computer Systems, 2023, no. 2, pp. 107-118. (A)
- 2. V. Yaloveha, A. Podorozhniak, and H. Kuchuk, "Convolutional neural network hyperparameter optimization applied to land cover classification", Radioelectronic and Computer Systems, 2022, no. 1, pp. 115-128. (A)

- 3. V. Yaloveha, D. Hlavcheva, and A. Podorozhniak, "Spectral Indexes Evaluation for Satellite Images Classification using CNN", Journal of Information and Organizational Sciences, 2021, vol. 46, no. 2, pp. 95-113. (Scopus, Хорватія)
- 4. H. Kuchuk, D. Hlavcheva, A. Podorozhniak, and V. Yaloveha, "Application of Deep Learning in the Processing of the Aerospace System's Multispectral Images", Handbook of Research on Artificial Intelligence Applications in the Aviation and Aerospace Industries, IGI Global, 2020, pp. 134-147. (Монографія. Розділ 5.)
- 5. D. Hlavcheva, V. Yaloveha, A. Podorozhniak, and N. Lukova-Chuiko, "A comparison of classifiers applied to the problem of biopsy images analysis", Advanced Information Systems, Kharkiv, 2020, vol. 4, no. 2, pp. 12-16. (Б)
- 6. V. Yaloveha, D. Hlavcheva, and A. Podorozhniak, "Usage of convolutional neural network for multispectral image processing applied to the problem of detecting fire hazardous forest areas", Advanced Information Systems, Kharkiv, 2019, vol. 3, no. 1, pp. 116-120. (Б)
- 7. D. Hlavcheva, V. Yaloveha, and A. Podorozhniak, "Application of convolutional neural network for histopathological analysis", Advanced Information Systems, Kharkiv, 2019, vol. 3, no. 4, pp. 69-73. (Б)
- 8. Д. М. Главчева та В. А. Яловега, "Капсульні нейронні мережі", Системи управління, навігації та зв'язку, Полтава, 2018, Т. 5, № 51, с. 132-135. (Б)
- 9. V. Yaloveha, A. Podorozhniak, H. Kuchuk, T. Orlova, V. Noskov, and V. Gorbulik, "Modern Applications of High-Resolution Multispectral EuroPlanet Dataset", 2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek), Kharkiv, Ukraine, 2023, pp. 166-170. (Scopus)
- 10. В. А. Яловега та А. О. Подорожняк, "Сучасні методи отримання мультиспектральних зображень високої роздільної здатності", Матеріали XXXI Міжнар. науково-практ. конф. (MicroCAD-2023) Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я, Харків, 2023, с. 1218.
- 11. V. Yaloveha, A. Podorozhniak, "Transfer Learning Technique Applied to Multispectral Images Classification Problem", Матеріали XIII Міжнар. науково-техн. конф. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління, Баку-Харків-Жиліна, 2023, с. 27.
- 12. А. О. Подорожняк та В. А. Яловега, "Сучасні алгоритми оптимізації згорткових штучних нейронних мереж", Матеріали IX Міжнар. науково-техн. конф. (ІУШІ-2022) Інформатика, управління та штучний інтелект, Харків, 2022, с. 109.
- 13. D. Hlavcheva, V. Yaloveha, A. Podorozhniak, and H. Kuchuk, "Comparison of CNNs for Lung Biopsy Images Classification", 2021 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, 2021, pp. 1-5. (Scopus)
- 14. V. Yaloveha, D. Hlavcheva, and A. Podorozhniak, "Modern hyperparameter optimization approaches in Deep Learning", Матеріали XI Міжнар. науково-техн. конф. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління, Харків, 2021, с. 13.
- 15. V. Yaloveha, D. Hlavcheva, and A. Podorozhniak, "CNN Hyperparameters Optimization Applied to EuroSAT Dataset", Матеріали VIII Міжнар. науково-техн. конф. (ІУШІ-2021) Інформатика, управління та штучний інтелект, Харків, 2021, с. 113.
- 16. D. Hlavcheva, V. Yaloveha, and A. Podorozhniak, "Using of Deep Learning Neural Networks for Biopsy Images Classification", Матеріали XV Міжнар. науково-практ. конф. магістрантів та аспірантів «Теоретичні та практичні дослідження молодих науковців», Харків, 2021, с. 12.
- 17. D. Hlavcheva, V. Yaloveha, A. Podorozhniak, and H. Kuchuk, "Tumor Nuclei Detection in Histopathology Images Using R-CNN", Proceedings of the 16th International Conference on ICT in Education, Research and Industrial Applications (ICTERI 2020), Kharkiv, Ukraine, 2020, vol. 2740, pp. 63-74. (Scopus)
- 18. V. Yaloveha, D. Hlavcheva, and A. Podorozhniak, "Modern high-resolution satellite image processing overview", Матеріали Матеріали VI Міжнар. науково-техн. конф. Проблеми інформатизації, Черкаси, 2020, с. 20.
- 19. V. Yaloveha, D. Hlavcheva, A. Podorozhniak, and H. Kuchuk, "Fire hazard research of forest areas based on the use of convolutional and capsule neural networks", 2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and

Computer Engineering (UKRCON), Lviv, Ukraine, 2019, pp. 828-832. (Scopus)

- 20. Я. Р. Широкорад, Д. М. Главчева та В. А. Яловега, "Перенавчання нейронних мереж", Матеріали IX Міжнар. науково-техн. конф. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління, Харків, 2019, с. 75.
- 21. Д. М. Главчева, В. А. Яловега та Я. Р. Широкорад, "Створення індексних зображень", Матеріали IX Міжнар. науково-техн. конф. Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління, Харків, с. 28, 2019.
- 22. Д. М. Главчева, В. А. Яловега та А. О. Подорожняк, "Дослідження пожежонебезпечності лісових територій на основі використання капсульних та згорткових нейронних мереж", Матеріали Всеукраїнської науково-практ. конф. молодих науковців і студентів «Інтелектуальний потенціал – 2019», Хмельницький, 2019, с. 14-17.
- 23. D. M. Hlavcheva, and V. A. Yaloveha, "CapsNet versus ConvNet", Матеріали V Міжнар. науково-техн. конф. (ІУШІ-2018) Інформатика, управління та штучний інтелект, Харків, 2018, с. 22-23.
- 24. В. А. Яловега, Д. М. Главчева, А. О. Подорожняк та Г. А. Кучук, "Комп'ютерна програма для обробки мультиспектральних зображень та навчання згорткової та капсульної нейронних мереж", Авторське право на твір № 87363, 2019, заявл. 01.04.2019, опубл. 26.07.2019, Бюл. № 53.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація

**Соціально-економічна спрямованість:** підвищення якості оперативної інформації при проведенні дистанційного зондування земної поверхні в комп'ютеризованих системах

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0122U200526

## VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Подорожняк Андрій Олексійович

2. Andrii O. Podorozhniak

**Кваліфікація:** к.т.н., доцент, 05.12.17

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0002-6688-8407

**Додаткова інформація:** https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57202229410; https://www.webofscience.com/wos/author/record/909299; https://scholar.google.com.ua/citations?user=gbxjOTEAAAAJ&hl=uk

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071180

**Місцезнаходження:** вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, 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. Краснобаєв Віктор Анатолійович
2. Victor A. Krasnobayev

**Кваліфікація:** д.т.н., професор, 20.02.14

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0001-5192-9918

**Додаткова інформація:** https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=51461515000

**Повне найменування юридичної особи:** Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

**Код за ЄДРПОУ:** 02071205

**Місцезнаходження:** майдан Свободи, буд. 4, Харків, Харківський р-н., 61022, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Фесенко Герман Вікторович
2. Herman Fesenko

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

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0002-4084-2101

**Додаткова інформація:** https://scholar.google.com/citations?user=9zZ8AzYAAAAJ&hl=en; https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190123735

**Повне найменування юридичної особи:** Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02066769

**Місцезнаходження:** вул. Чкалова, буд. 17, Харків, Харківський р-н., 61070, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

### Рецензенти

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Поворознюк Анатолій Іванович

2. Anatolii I. Povoroznyuk

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

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0003-2499-2350

**Додаткова інформація:** https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55225664000; https://scholar.google.com/citations?user=g6S23QsAAAAJ&hl=uk&oi=sra

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071180

**Місцезнаходження:** вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Сектор науки:** Університетський

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Гавриленко Світлана Юріївна

2. Svitlana Y. Gavrylenko

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.13.05

**Ідентифікатор ORCHID ID:** 0000-0002-6919-0055

**Додаткова інформація:** https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57189042150; https://scholar.google.com.ua/citations?user=4Vn1dBkAAAAJ&hl=ua; https://www.webofscience.com/wos/author/record/2299382

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

**Код за ЄДРПОУ:** 02071180

**Місцезнаходження:** вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, 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** Заковоротний Олександр Юрійович

| | |
|---|---|
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні** | Заковоротний Олександр Юрійович |
| **Відповідальний за підготовку облікових документів** | Зайцев Юрій Іванович |
| **Реєстратор** | УкрІНТЕІ |
| **Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності** | Юрченко Тетяна Анатоліївна |