# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

**Державний обліковий номер:** 0823U100884

**Особливі позначки:** відкрита

**Дата реєстрації:** 13-10-2023

**Статус:** Запланована

**Реквізити наказу МОН / наказу закладу:**

## II. Відомості про здобувача

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Андреєв Артем Андрійович
2. Artem A. Andreiev

**Кваліфікація:**

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6485-449X

**Вид дисертації:** доктор філософії

**Аспірантура/Докторантура:** так

**Шифр наукової спеціальності:** 172

**Назва наукової спеціальності:** Електронні комунікації та радіотехніка

**Галузь / галузі знань:** електроніка та телекомунікації

**Освітньо-наукова програма зі спеціальності:** Дистанційні аерокосмічні дослідження

**Дата захисту:** 29-11-2023

**Спеціальність за освітою:** Комп'ютерна інженерія 8.05010201

**Місце роботи здобувача:** Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

**Код за ЄДРПОУ:** 04778363

**Місцезнаходження:** вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## III. Відомості про організацію, де відбувся захист

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** ДФ 004

**Повне найменування юридичної особи:** Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

**Код за ЄДРПОУ:** 04778363

**Місцезнаходження:** вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

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

**Повне найменування юридичної особи:** Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

**Код за ЄДРПОУ:** 04778363

**Місцезнаходження:** вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## V. Відомості про дисертацію

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 47.49.27

### Тема дисертації:

1. Методика класифікування об’єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак

2. Object classification technique on aerial and space imagery under low separability of recognition features

### Реферат:

1. Мета дослідження: підвищення достовірності класифікування об`єктів на аеро- та космічних зображеннях шляхом розробки методики, яка націлена на підвищення розділимості розпізнавальних ознак. В дисертаційному дослідженні розглянуто роль та місце процедури класифікування в задачах ДЗЗ. Проведено аналіз методів класифікування об’єктів на аеро- та космічних зображеннях. Обґрунтовано, що для більшості тематичних задач ДЗЗ доцільним є використання контрольованих методів класифікування, адже вони дозволяють задати ознаки вихідних класів у вигляді набору навчальної вибірки. Проаналізовано властивості набору навчальної вибірки. Проведено аналіз підходів до обробки навчальної вибірки. Показано, що спільним недоліком розглянутих підходів є те, що вони не враховують фактор розділимості навчальної вибірки. Для представлення даних для класифікування запропоновано використовувати куб геопросторових даних.

Представлено шаблони даних для деяких тематичних задач. Розроблено методи кластеризації навчальної вибірки на основі центроїдних методів неконтрольованого класифікування. Всього розроблено два методи, а саме: метод формування навчальної вибірки з кластерів початкових класів та метод формування навчальної вибірки з центрів кластерів початкових класів. Розроблено метод оцінювання розділимості навчальної вибірки. Детально описано алгоритм методу оцінювання розділимості як двох окремих класів навчальної вибірки, так і всього набору в цілому. Розроблені та представлені в другому розділі принципи формування куба геопросторових даних, методи кластеризації навчальної вибірки та метод оцінювання розділимості навчальної вибірки поєднано в методику класифікування, яка має дві гілки застосування: спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки, спосіб кластеризації навчальної вибірки. Вибір способу залежить від об'єму даних. Наукова новизна Вперше розроблено метод оцінювання розділимості навчальної вибірки при контрольованому класифікуванні об'єктів на аеро- та космічних зображеннях. Особливістю якого є формування оцінки відносно конкретного метода класифікування, вхідних даних та їхньої структури. Вперше розроблено методику класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак, яка включає в себе застосування одного з двох розроблених способів залежно від об'єму даних. При надлишковому об'ємі даних використовується спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки, а при обмеженому об'ємі даних – спосіб кластеризації навчальної вибірки. Основою розроблених способів є метод оцінки розділимості навчальної вибірки. Вперше розроблено спосіб кластеризації навчальної вибірки на основі розробленого методу оцінювання розділимості навчальної вибірки. На відміну від існуючих, даний спосіб дозволяє обрати таку кількість кластерів для кожного класу, при якій розділимість навчальної вибірки досягатиме найвищого значення серед інших розглянутих варіантів. Вперше розроблено спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки на основі розробленого методу оцінювання розділимості навчальної вибірки. На відміну від існуючих, даний спосіб дозволяє обрати такі шари вхідних даних, при яких відповідна навчальна вибірка досягатиме найвищого значення розділимості серед інших розглянутих варіантів вхідних даних. Таким чином досягається не лише зменшення розмірності вхідних даних, а і підвищення розділимості навчальної вибірки. За результатами експериментальних досліджень розроблена методика продемонструвала підвищення достовірності класифікування в кожному з 4 прикладів. Ефективність методики підтверджена в одному з прикладів зростанням показників загальної точності на 2% (з 91% до 93%) та капа-індексу на 2% (з 87% до 89%); в другому прикладі зростанням відповідних показників на 4% (з 77% до 81%) та на 5% (з 66% до 71%); в третьому – зростанням коефіцієнта кореляції Пірсона на 28% (з 54% до 82%); в четвертому- зростанням показників загальної точності та капа-індексу на 20% (з 63% до 83%) та на 21% (з 60% до 81%) відповідно. Ключові слова: аеро- та космічні зображення, неконтрольоване класифікування, контрольоване класифікування, кластеризація, навчальна вибірка, розділимість навчальної вибірки За результатами досліджень опубліковано 21 наукову працю, у тому числі 2 публікації у монографіях (з них 1 проіндексована в базі даних Scopus); у закордонних фахових виданнях – 5 статей (з них 3 проіндексовані в базі даних Scopus); статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України категорії Б – 4; 10 у збірниках та матеріалах тез доповідей вітчизняних та міжнародних конференціях (3 закордонних), з яких 8 проіндексовані в базі даних Scopus.

2. The study aimed to increase the accuracy of object classification on aerial and space imagery by developing a technique to increase the separability of recognition features. The dissertation research examines the role and place of the classification procedure in the tasks of remote sensing. An analysis of object classification methods on aerial and space images was conducted. It is substantiated that for most thematic tasks, it is appropriate to use supervised classification methods because they allow setting the properties of the object classes in the form of training samples set. The properties of the training samples set were analyzed. An analysis of approaches to processing the training sample was carried out. It is shown that the common disadvantage of the considered approaches is that they do not consider the factor of the separability. It is proposed to use a geospatial data cube to represent input data for classification. Data templates are presented for the selected thematic tasks. Methods of training sample clustering have been developed based on centroid methods of unsupervised classification. 2

methods have been developed: the method of forming training samples set from clusters of initial classes and the method of forming training samples set from the clusters centres of initial classes. A method for assessing the training sample separability has been developed. The algorithm of the method for assessing the separability of two separate classes of the training sample and the entire set as a whole is described in detail. The principles of forming a geospatial data cube, the methods of the training sample clustering, and the method for assessing the training sample are combined into object classification technique, which has two branches of application: reducing the training samples dimensions and clustering the training sample. The choice of the branch depends on the amount of input data. According to the results of experimental studies, the developed method demonstrated the classification accuracy enhancement in each of the 4 examples. The effectiveness of the method is confirmed in one of the examples by the increase of the overall accuracy indicators by 2% (from 91% to 93%) and the kappa index by 2% (from 87% to 89%); in the second example, an increase in the corresponding indicators by 4% (from 77% to 81%) and by 5% (from 66% to 71%); in the third - by an increase in the Pearson correlation coefficient by 28% (from 54% to 82%); in the fourth - by 20% (from 63% to 83%) and by 21% (from 60% to 81%) of the overall accuracy of classification and kappa index, respectively. Scientific novelty The first developed method for assessing the training sample separability during the supervised object classification on aerial and space images. The assessment considers a specific classification method, input data and its structure. The first developed object classification technique on aerial and space imagery under low separability of recognition features, which includes the application of one of the two developed methods depending on the amount of data. When there is an excess amount of data, the method of reducing the training sample size is used, and when the amount of data is limited, the method of the training sample clustering is used. The basis of the developed methods is the method for assessing the separability of the training sample. The first developed method of training sample clustering is based on the developed method for assessing the separability of the training sample. Unlike the existing ones, this method allows the selection of a number of clusters for each class, in which the separation of the training sample reached the highest value among the other considered options. The first developed method of reducing the training sample size is based on the developed method for assessing the separability of the training sample. Unlike the existing ones, this method allows the selection of such input data layers, in which the corresponding training sample will reach the highest value of separability among other considered variants of input data. In this way, not only the dimensionality of the input data is reduced, but also the separability of the training sample is increased. Keywords: aerial and space imagery, unsupervised classification, supervised classification, clustering, training sample, training sample separability Based on the results of the research, 21 scientific works were published, including 2 publications in monographs (of which 1 is in the Scopus database); in foreign specialized publications – 5 articles (of which 1 is indexed in the Scopus database); articles in scientific publications included on the date of publication in the list of specialized scientific publications of Ukraine category B - 4; 10 in collections and abstracts of reports at Ukrainian and international conferences (of which 3 are foreign) and of which 8 are indexed in the Scopus database.

### 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:


- Popov, M., Stankevich, S., Kozlova, A., Piestova, I., Lubskiy, M., Titarenko, O., Svideniuk, M., Andreiev, A., Lysenko, A., & Singh, S. K. (2021). Long-Term Satellite Data Time Series Analysis for Land Degradation Mapping to Support Sustainable Land Management in Ukraine. Geo-Intelligence for Sustainable Development, 165–189. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4768-0_11

- Stankevich, S. A., Zaitseva, E., Kozlova, A., & Andreiev, A. (2023). Wildfire risk assessment using earth observation data: A case study of the Eastern Carpathians at the Slovak-Ukrainian frontier. In Studies in systems, decision and control, 131–143. https://doi.org/10.1007/978-3-031-40997-4_9
- Popov, M., Michaelides, S., Stankevich, S., Kozlova, A., Piestova, I., Lubskiy, M., Titarenko, O., Svideniuk, M., Andreiev, A., & Ivanov, S. (2021). Assessing long-term land cover changes in watershed by spatiotemporal fusion of classifications based on probability propagation: The case of Dniester river basin. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 22, 100477. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100477
- Андреєв, А. А. (2023). Методика класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак. Український журнал дистанційного зондування Землі, 10(3), 4-9. https://doi.org/10.36023/ujrs.2023.10.3.244
- Lubskyi, M. S., Orlenko, T., Piestova, I., Andreiev, A., & Lysenko, A. (2023). Evaluation of indicators for desertification risk assessment of Oleshky sands desertification based on Landsat data time series. Ukrainian Journal of Remote Sensing, 10(1), 17–28. https://doi.org/10.36023/ujrs.2023.10.1.229
- Popov, M., Stankevich, S., Mosov, S., Titarenko, O., Dugin, S., Golubov, S., & Andreiev, A. (2022). Method for Minefields Mapping by Imagery from Unmanned Aerial Vehicle. Advances in Military Technology, 17(2), 211–229. https://doi.org/10.3849/aimt.01722
- Stankevich, S., Popov, M., Shklyar, S., Sukhanov, K., Andreiev, A., Lysenko, A., Kun, X., Cao, S., Yupan, S., & Boya, S. (2020). Estimation of mutual subpixel shift between satellite images: software implementation. Ukrainian Journal of Remote Sensing, 24, 9–14. https://doi.org/10.36023/ujrs.2020.24.165
- Stankevich, S., Popov, M., Shklyar, S. V., Sukhanov, K. Y., Andreiev, A., Lysenko, A. R., Kun, X., Shixiang, C., Yupa, S., Xing, Z., & Boya, S. (2020). Subpixel-shifted Satellite Images Superresolution: Software Implementation. WSEAS TRANSACTIONS ON COMPUTERS, 19, 31–37. https://doi.org/10.37394/23205.2020.19.5
- Andreiev, A. A. (2020). Hybrid approach to classification of remote sensing data. CERes Journal, 6(2), 32–37
- Popov, M. O., Topolnytskyi, A. V., Titarenko, O. V., Stankevich, S., & Andreiev, R. A. (2020). Forecasting Gas and Oil Potential of Subsoil Plots via Co-analysis of Satellite, Geological, Geophysical and Geochemical Information by Means of Subjective Logic. WSEAS TRANSACTIONS ON COMPUTER RESEARCH, 8, 90–101. https://doi.org/10.37394/232018.2020.8.11
- Андреєв, А. А. (2018). Особливості розмежування низькоконтрастних природних середовищ. Зв'язок, (1), 12-14.
- Kozlova, A., Stankevich, S., Svideniuk, M., & Andreiev, A. (2022). Quantitative Assessment of Forest Disturbance with C-Band SAR Data for Decision Making Support in Forest Management. Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making, 548–562. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82014-5_37
- Piestova, I., Kozlova, A., Andreiev, A., & Rabcan, J. (2021). Local Quality Improvement of Multispectral Imagery Classification with Radiometric-spatial Feedback. Computer Modeling and Intelligent Systems, 2864, 158–168. https://doi.org/10.32782/cmis/2864-14
- Stankevich, S. A., Popov, M., Shklyar, S., Lysenko, A., Andreiev, A., Xing, K., Cao, S., & Tao, R. (2023). Satellite imagery superresolution based on optimal frame accumulation. In Springer proceedings in physics (pp. 395–412). https://doi.org/10.1007/978-981-99-4098-1_35
- Lubskyi, M., Orlenko, T., Piestova, I., Lysenko, A., & Andreiev, A. (2022). Using Landsat Satellite Time Series for Desertification Processes Mapping: Case Study for Oleshky Sands, Ukraine. 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580194
- Andreiev, A., Azimov, O., Shevchuk, O., & Tomchenko, O. (2022). Geoinformation Technology of Temperature Mapping of Dumps based on Remote Sensing of the Earth. 16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment. https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580117

- Andreiev, A., Kozlova, A. (2021, 21–24 September) Enhancement of Land Cover Classification by Training Samples Clustering. Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2021): Proceedings of the 15th International Conference. Minsk: UIIP NASB. P.223-227
- Popov, M., Zaitsev, O., & Andreiev, A. (2020). A Method for Combination and Ranking Hypotheses Under Conditions of Partial Uncertainty. 2020 IEEE Ukrainian Microwave Week (UkrMW). https://doi.org/10.1109/ukrmw49653.2020.9252781
- Titarenko, O. V., Sedlerova, O. V., +& Andreiev, A. A. (2020). The new approach to forecasting areas with oil and gas prospects by classification method. Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects 2020. https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo105
- Kozlova, A., Khyzhniak, A., Piestova, I., & Andreiev, A. (2018). Synergetic Use of Sentinel-1 and Sentinel-2 Data for Analysis of Urban Development and Green Spaces. Proceedings. https://doi.org/10.3997/2214-4609.201801846
- Stankevich S., Zaitseva E., Kozlova A., Andreiev A. (2022, 14-15 November) Wildfire risk assessment using Earth observation data: A case study of the Eastern Carpathians at the Slovak-Ukrainian frontier. The Second International Workshop on Reliability Engineering and Computational Intelligence (RECI 2022): Proceedings of the 2nd International Workshop. Delft

**Наукова (науково-технічна) продукція:** методи, теорії, гіпотези

**Соціально-економічна спрямованість:** забезпечення промисловості чи населення новим видом інформаційно-комунікаційних послуг

**Охоронні документи на ОПІВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0121U107677; 0122U002443; 0122U201983; 0121U111862; 101086250; 0122U002085; 0121U000075д; 0017U004264; 0116U000144; 0121U111862

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

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Попов Михайло Олексійович

2. Mykhailo O. Popov

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, член-кор. НАН України, 20.02.14

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-1738-8227

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

**Код за ЄДРПОУ:** 04778363

**Місцезнаходження:** вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

### Офіційні опоненти

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Косаревич Ростислав Ярославович
2. Rostyslav J. Kosarevych

**Кваліфікація:** д. т. н., старший науковий співробітник, 05.02.10

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-9108-0365

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка Національної академії наук України

**Код за ЄДРПОУ:** 03534506

**Місцезнаходження:** вул. Наукова, буд. 5, Львів, 79060, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Васильєва Ірина Карлівна
2. Iryna K. Vasilyeva

**Кваліфікація:** к. т. н., доцент, 05.07.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-1378-1104

**Додаткова інформація:**

**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:**

### Рецензенти

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Альперт Софія Іоганівна
2. Sofiia I. Alpert

**Кваліфікація:** к. т. н., 05.07.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-7284-6502

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

**Код за ЄДРПОУ:** 04778363

**Місцезнаходження:** вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Кохан Світлана Станіславівна
2. Svitlana S. Kokhan

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.07.12

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6009-7591

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Державна установа "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України"

**Код за ЄДРПОУ:** 04778363

**Місцезнаходження:** вулиця Олеся Гончара, буд. 55-б, Київ, 01054, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Національна академія наук України

**Ідентифікатор ROR:**

## VIII. Заключні відомості

| | |
|---|---|
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради** | Артюшенко Михайло Віталійович |
| **Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні** | Артюшенко Михайло Віталійович |
| **Відповідальний за підготовку облікових документів** | Андреєв Артем Андрійович |
| **Реєстратор** | УкрІНТЕІ |

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності**

Юрченко Тетяна Анатоліївна