

ВИСНОВОК

**про наукову новизну, теоретичне та практичне значення
результатів дисертації**

на тему **“Методика класифікування об’єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак”**,

здобувача ступеня доктора філософії

Андрєєва Артема Андрійовича

з галузі знань 17 – Електроніка та телекомунікації

за спеціальністю 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Фаховий семінар проведений на розширеному засіданні відділу геоінформаційних технологій в дистанційному зондуванні Землі Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України» «12» вересня 2023 року, протокол № 1.

1. Актуальність теми дослідження.

Забезпечення високої достовірності і точності результатів класифікування об’єктів за даними ДЗЗ є актуальною задачею. Методи класифікування відіграють важливу роль у залученні даних ДЗЗ до вирішення комплексних міждисциплінарних завдань, пов’язаних із досягненням цілей сталого розвитку, здійсненням глобального моніторингу геосистем, зокрема, змін клімату, біорізноманіття та стійкості екосистем, ризику надзвичайних лих, деградації земель, підтримка продовольчої безпеки, сталого сільського господарства, тощо. При цьому особливої актуальності набуває розробка методів здатних забезпечити високу достовірність і точність результатів класифікування об’єктів за даними ДЗЗ.

Вирішенню цієї задачі сприятиме розробка методу оцінювання розділимості навчальної вибірки та нових способів обробки навчальної вибірки з метою підвищення її розділимості.

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

Дисертаційну роботу виконано відповідно до планів наукових досліджень ДУ «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України» в рамках науково-дослідних тем (державні реєстраційні номери тем: 0121U107677, 0122U002443, 0122U201983, 0121U111862, 0122U002085,

0121U111862, 0121U000075д, 0116U000144, 0017U004264) та проекту Горизонт-Європа (101086250 – EWALD).

3. Наукова новизна отриманих результатів.

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати: У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

Вперше розроблено метод оцінювання розділимості навчальної вибірки при контрольованому класифікуванні аеро- та космічних зображень в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак. Особливістю якого є формування оцінки відносно конкретного метода класифікування, вхідних даних та їх структури.

Вперше розроблено методу 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 розділивість навчальної вибірки досягала 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.

4. Теоретичне та практичне значення результатів дисертації.

Розроблено спосіб кластеризації навчальної вибірки на основі розробленого методу оцінювання розділимості навчальної вибірки, а також спосіб зменшення розмірності навчальної вибірки на основі розробленого методу оцінювання розділимості навчальної вибірки. Основою розроблених способів є метод оцінки розділимості навчальної вибірки, який також запропоновано в дисертаційній роботі. Розроблено методу 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.

5. Використання результатів роботи.

Розроблена методика може бути використана як складова державних систем моніторингу з використанням даних, отриманих з аеро- та космічних зображень. Розроблена методика класифікування має застосування для Державної служби України з надзвичайних ситуацій в таких задачах, як гуманітарне розмінування територій та аналіз природних змін, що призводять до небезпечних ситуацій. Також розроблена методика може бути застосована у навчальному процесі, де розглядається процедура класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях. Ще одним прикладом використання даної методики є моніторинг сільськогосподарських угідь – дана задача є актуальною для Міністерства аграрної політики та продовольства України. Також розроблена методика бути застосована при аналізі екологічних ризиків та моніторингу лісів – дана задача є актуальною для Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів.

6. Особиста участь автора в одержанні наукових та практичних результатів, що викладені в дисертаційній роботі

Дисертаційна робота виконана у відділі геоінформаційних технологій в дистанційному зондуванні Землі Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України», науковий керівник д.т.н., проф, Попов М.О.

Розглянувши звіт подібності щодо перевірки на плагіат, рецензенти дійшли висновку, що дисертаційна робота Андреева Артема Андрійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Дисертація характеризується єдністю змісту та відповідає вимогам щодо її оформлення.

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

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.

(Далі роботи наводяться у такому порядку: монографії, статті у наукових фахових виданнях, інших виданнях, авторські свідоцтва, патенти, матеріали конференції.

При наведенні статей у фахових виданнях вказується, які з них надруковано у закордонних виданнях, що входять до WoS або Scopus, у фахових виданнях України категорії «А», категорії «Б», інших закордонних виданнях (крім видань держави, визнаної Верховною Радою України державою-агресором).

Після кожної роботи, яка опублікована зі співавторами, наводиться також особистий внесок здобувача.).

Публікації у монографіях

1. 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 (Особистий внесок: розробка методики класифікування; розробка програмного забезпечення для класифікування та об'єднання різночасових супутникових даних; проведення класифікування та отримання класифікацій)
2. 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 (Особистий внесок: розробка програмного забезпечення для завантаження супутникових даних) (*Scopus*)

Матеріали, опубліковані в періодичних виданнях:

3. 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> (Особистий внесок: розробка методики класифікування; розробка програмного забезпечення для класифікування та об'єднання різночасових супутникових даних; проведення класифікування та отримання класифікацій) (*Scopus, Q1*)
4. Андреев, А. А. (2023). Методика класифікування об'єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділювальності розпізнавальних ознак. *Український журнал дистанційного зондування Землі*, 10(3), 4-9. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2023.10.3.244>
5. Lubskiy, 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> (Особистий внесок: розробка програмного забезпечення для завантаження вхідних супутникових даних Landsat-OLI8, розрахунку визначених спектральних індексів та побудови лінійної регресії на основі часового ряду розрахованих індексів)
6. 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> (Особистий внесок: розробка методу кластеризації навчальної вибірки; розробка програмного забезпечення для розпізнавання мін) (*Scopus, Q4*)
7. 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> (Особистий внесок: опис алгоритму підходу до розрахунку субпіксельного зміщення аеро- та космічних зображень; розробка програмного забезпечення для розрахунку субпіксельного зміщення аеро- та космічних зображень)

8. 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> (Особистий внесок: опис алгоритму підходу до розрахунку субпіксельного зміщення аеро- та космічних зображень; розробка програмного забезпечення для розрахунку субпіксельного зміщення аеро- та космічних зображень)

9. Andreiev, A. A. (2020). Hybrid approach to classification of remote sensing data. *CERes Journal*, 6(2), 32–37.

10. 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> (Особистий внесок: розробка програмного забезпечення для класифікування та пошуку нафтогазоносних ділянок на аеро- та космічних зображеннях) (*Scopus*)

11. Андреев, А. А. (2018). Особливості розмежування низькоконтрастних природних середовищ. *Зв'язок*, (1), 12-14.

Апробація матеріалів дисертації

12. 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 (Особистий внесок: розробка програмного забезпечення для класифікування радарних зображень)

13. 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> (Особистий внесок: розробка методу кластеризації навчальної вибірки; розробка програмного забезпечення для кластеризації навчальної вибірки; проведення класифікувань)

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 (Особистий внесок: опис алгоритму підходу до розрахунку цілопіксельного зміщення аеро- та космічних зображень; розробка алгоритму цілопіксельного суміщення аеро- та космічних зображень)

15. Lubskiy, 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> (Особистий внесок: розробка програмного забезпечення для завантаження вхідних супутникових даних Landsat-OLI8, розрахунку визначених спектральних індексів та побудови лінійної регресії на основі часового ряду розрахованих індексів)

16. 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> (Особистий внесок: розробка програмного забезпечення для завантаження даних Landsat-OLI8; пошук термальних аномалій на отриманих знімках)

17. 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. (Особистий внесок: розробка методу оцінювання розділимості навчальної вибірки; розробка методу кластеризації навчальної вибірки; розробка програмного забезпечення для оцінювання розділимості навчальної вибірки; розробка програмного забезпечення для кластеризації навчальної вибірки)

18. 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> (Особистий внесок: розробка програмного забезпечення для класифікування аеро- та космічних зображень на основі теорії свідчень Демпстера-Шейфера)

19. 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> (Особистий внесок: розробка підходу до класифікування та пошуку нафтогазоносних ділянок; розробка програмного забезпечення для класифікування аеро- та космічних зображень)


20. 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> (Особистий внесок: завантаження та попередня обробка даних супутникового знімання Sentinel-1 та Sentinel-2)

21. 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 (Особистий внесок: розробка програмного забезпечення для завантаження супутникових даних та оцінки ризику виникнення пожеж)

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Андреева Артема Андрійовича **“Методика класифікування об’єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак”**, яка подана на здобуття ступеня доктора філософії, за своїм науковим рівнем та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам пп. 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 12.01.2022 р № 44 та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми Державної установи «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук Національної академії наук України» зі спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

Дисертаційну роботу “Методика класифікування об’єктів на аеро- та космічних зображеннях в умовах низької розділимості розпізнавальних ознак”, подану Андреевим Артемом Андрійовичем на здобуття ступеня доктора філософії, до захисту.

Головуюча на засіданні
відділу геоінформаційних технологій
в дистанційному зондуванні Землі
кандидат технічних наук, старший дослідник
провідний науковий співробітник
відділу ГІТ в ДЗЗ ЦАКДЗ ІГН НАН України  Анна КОЗЛОВА

Підпис Анни Козлової
засвідчую

учений секретар ЦАКДЗ ІГН НАН України
к.т.н., ст. дослідник



Анна ХИЖНЯК