УДК 004.9+004.8]:[504.61:355.01 DOI: 10.31673/2412-4338.2024.044726

Триснюк Василь Миколайович
Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України, Київ
ORCID: 0000-0001-9920-4879

Марущак Василь Миколайович
Інституту телекомунікацій і глобального Інформаційного простору НАН України, Київ
ORCID 0000-0002-6935-9949

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ У СФЕРІ ГЕОПРОСТОРОВОЇ РОЗВІДКИ

Анотація. *Актуальні дослідження демонструють великий потенціал інтеграції технологій великих даних та штучного інтелекту для автоматизованого дешифрування супутникових знімків, моніторингу змін ландшафтів, виявлення порушень та прогнозування техногенних ризиків. Використання алгоритмів машинного навчання у візуалізації геоданих значно прискорює аналіз інформації великих масивів, що критично важливо для екологічного моніторингу під час воєнних дій та швидкого відновлення території. Виявлення стану наземних об'єктів значно покращується за рахунок використання багатоспектральних і гіперспектральних знімків, зокрема з безпілотних літальних апаратів, після їх розрізнення дозволяє створювати високоякісні інформаційні продукти. Однак гіперспектральні знімки з космічної висоти все ще не забезпечують необхідного рівня деталізації для оперативно-тактичної розвідки.*

Дослідження підкреслюють ефективність інтеграції великих даних і штучного інтелекту для автоматичного дешифрування супутникових знімків, моніторингу змін ландшафтів та оцінки техногенних ризиків. Використання алгоритмів машинного навчання прискорює обробку великих масивів даних, що є особливим місцем для екологічного моніторингу під час воєнних дій та відновлення території. Підвищення точності виявлення стану об'єктів досягається за допомогою багатоспектральних та гіперспектральних знімків, особливо отриманих з безпілотників, а останні знімки з космічної платформи не мають достатньої деталізації для оперативних завдань.

Ключові слова: *інформаційні технології, штучний інтелект, спектральні канали, дистанційні методи, алгоритм машинного навчання, візуалізації геоданих, дешифрування супутникових знімків.*

Trysnyuk Vasyl
Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv
ORCID: 0000-0001-9920-4879

Maruschak Vasyl
Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv
ORCID 0000-0002-6935-9949

INFORMATION TECHNOLOGIES FOR VISUALIZATION AND DATA PROCESSING IN THE SPHERE OF GEOSPATIAL INTELLIGENCE

Abstract. *Current research demonstrates the great potential of the integration of big data technologies and artificial intelligence for automated decoding of satellite images, monitoring of landscape changes, detection of violations and prediction of man-made risks. The use of machine learning algorithms in the visualization of geodata significantly accelerates the analysis of information of large arrays, which is critically important for environmental monitoring during military operations and rapid recovery of the territory. The detection of the state of ground objects is significantly improved by the use of multispectral and hyperspectral images, in particular from unmanned aerial vehicles, after their differentiation allows the creation of high-*

© Триснюк В. М., Марущак В. М. 2024

quality information products. However, hyperspectral images from space height still do not provide the necessary level of detail for operational-tactical intelligence.

Research highlights the effectiveness of integrating big data and artificial intelligence for automatically deciphering satellite images, monitoring landscape changes, and assessing man-made risks. The use of machine learning algorithms accelerates the processing of large sets of data, which is a special place for environmental monitoring during military operations and territory recovery. Increasing the accuracy of detecting the state of objects is achieved with the help of multispectral and hyperspectral images, especially obtained from drones, and the latest images from the space platform still lack sufficient detail for operational tasks.

Key words: *information technologies, artificial intelligence, spectral channels, remote methods. machine learning algorithm, visualization of geodata, decoding of satellite images*

Вступ

Актуальні дослідження вказують на значний потенціал інтеграції великих даних (Big Data) та штучного інтелекту (ШІ) для автоматичного дешифрування супутникових знімків, моніторингу змін ландшафтів, виявлення порушень, прогнозування техногенних ризиків та планування природоохоронних заходів. Впровадження алгоритмів машинного навчання у візуалізацію геоданих дозволяє виявити закриті закономірності та значно прискорює процес аналізу інформації великих масивів, що особливо важливо для екологічного моніторингу в умовах воєнних дій та швидкого відновлення постраждалих. За результатами збору та систематизації отриманої інформації, що включає в себе відео, супутникові зображення та неоптичні дані, такі як LiDAR та SAR, виникає необхідність у швидкій обробці та знаходженні відповідних даних, перетворення їх у інформацію, що необхідна для вирішення проблеми і своєчасне надання її особам, які її найбільше потребують.

Відомо, що виявлення та ототожнення стану наземних об’єктів значно покращується, коли є можливість користуватися аерокосмічними багатоспектральними або гіперспектральними знімками. Причина у тому, що просторове розрізнення гіперспектральних сенсорів суттєво відстає від просторового розрізнення багатоспектральних сенсорів, а тому при виготовленні кінцевих інформаційних продуктів (далі - КІП) використовують переважно гіперспектральні знімки, зроблені з безпілотних літальних апаратів (далі – БПЛА). Гіперспектральні знімки, зроблені з космічної висоти, поки що мають розрізнення на місцевості, яке не дозволяє виявляти та дешифрувати об’єкти оперативно-тактичної розвідки.

2.Аналіз досліджень і публікацій.

Аналіз досліджень і публікацій, присвячених використанню інформаційних технологій для візуалізації та обробки даних у сфері геопросторової розвідки, свідчить про стрімкий розвиток цього напряму. У сучасних умовах, коли обсяги даних значно зростають, застосування нових інформаційних технологій, таких як геоінформаційні системи (ГІС), дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) та хмарне обчислення, стало необхідним для ефективного аналізу просторових даних. Розвиток таких інструментів, як ArcGIS, QGIS, а також спеціалізоване програмне забезпечення для обробки супутникових знімків (Maxar, Sentinel, Landsat), значно підвищує точність геопросторового аналізу, особливо в умовах швидких змін навколишнього середовища через антропогенний вплив або бойові дії. Використанню програмних технологій для візуалізації та обробки даних у сфері геопросторової розвідки присвятили праці Лялько В.І., Трофимчук О.М., Красовський Г.Я., Греков Л.Д., Попов М.О. та інші.

Метою цієї роботи є вдосконалення інформаційні технології для візуалізації та обробки даних у сфері геопросторової розвідки. Для досягнення цієї мети необхідно таке завдання:

-проаналізувати сучасні інформаційні дешифрувальні ознаки.

-дослідити моделі первинних та вторинних дешифрувальних ознак простих та складних об’єктів.

Об'єктом дослідження є процес інформаційних технологій для візуалізації та обробки даних у сфері геопросторової розвідки.

Окремий напрям досліджень пов’язаний із використанням 3D-візуалізації та моделювання для оцінки інженерних та екологічних ризиків на територіях, де здійснюються бойові дії або отримання корисних копалин. Такий підхід дозволяє не тільки оцінювати поточний стан території, але й прогнозувати можливості наслідки техногенних аварій. Важливим аспектом є інтеграція історичних даних із сучасними ГІС-технологіями для геохронологічного аналізу, що дозволяє виявляти довготривалі наслідки пошкоджень та виснаження природних ресурсів.

Усі військові об’єкти під час розміщення, переміщення на місцевості та виконання своїх функцій виявляють себе через низку характеристик ознак, за якими їх можна ідентифікувати. Однак, на практиці частіше застосовуються дематичні ознаки, вони починають приймати ключову роль у прийнятті рішень при розпізнаванні об’єктів їхніми зображеннями. Ознаками об'єктів вважаються всі характеристики, за якими можна виділити, розпізнати чи описати ці об'єкти. Важливою умовою використання ознаки яка демаскується є можливість її фіксації за допомогою технічних засобів моніторингу (ТЗ). Під дешифрувальними ознаками будемо розуміти характеристики об'єктів, отримані за допомогою технічних засобів моніторингу (ТЗМ), які можна виявляти та ідентифікувати ці об'єкти. Дешифрувальні ознаки виділяються на дві категорії: первинні, що допомагають виділити об'єкт, та вторинні, що можуть його розпізнати.

Слід зазначити, що вторинні демаскі ознаки постійно є постійними, тоді як первинні дешифрувальні ознаки мають змінний характер і залежать від таких факторів, як освітлення, погодні умови, пора року та умови зйомки. У деяких випадках зміни в дешифрувальних ознаках протягом певного періоду часу, наприклад, течі отримання або за різних умов освітлення та зйомки, можуть служити додатковими критеріями для ідентифікації об'єктів

До первинних дешифрувальних ознак відносяться тон, колір і структура поверхні (рис.1.)

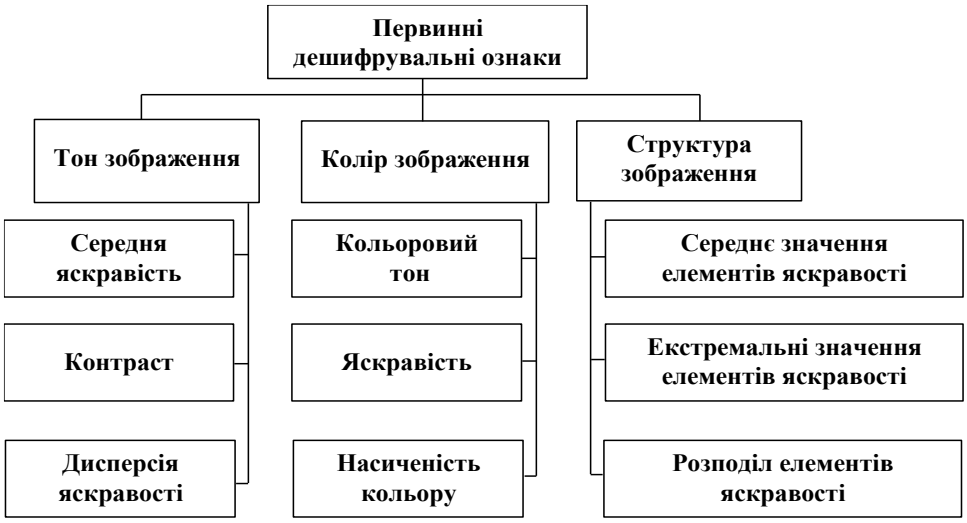

Рис. 1.Первинні дешифрувальні ознаки.

Такі ознаки можна назвати індивідуальними. Це ознаки конкретних типів об'єктів, для впізнання яких можуть бути важливі навіть дрібні, на перший погляд незначні деталі.

Вторинні дешифрувальні ознаки простих об’єктів іноді називають технічними демаскуючими ознаками. До прямих демаскуючих ознак відносяться форма, деталі, розміри – (рис.2.).

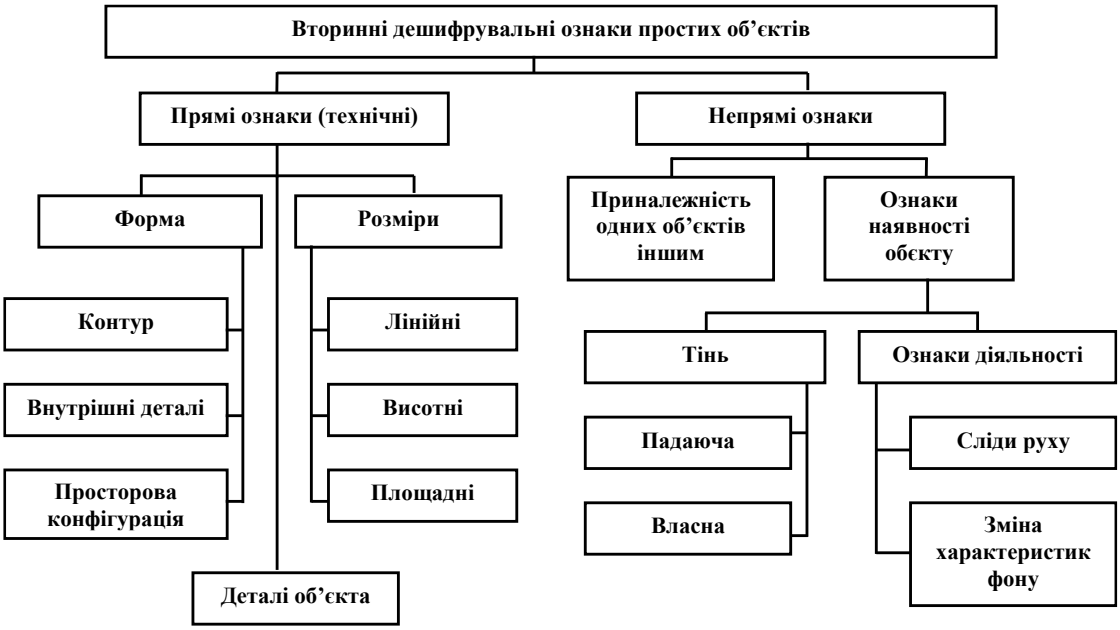

Рис. 2. Вторинні дешифрувальні ознаки простих об’єктів.

До прямих оперативно-тактичних складних об'єктів належать: кількість та типи прямих ознак, що входять до складу складного об'єкта, а також взаємозв'язки між ними та особливості їхнього просторового розташування. Ці ознаки неможливо ідентифікувати складні об'єкти лише на основі їх окремих елементів, але й через аналіз їх взаємодії та структури.

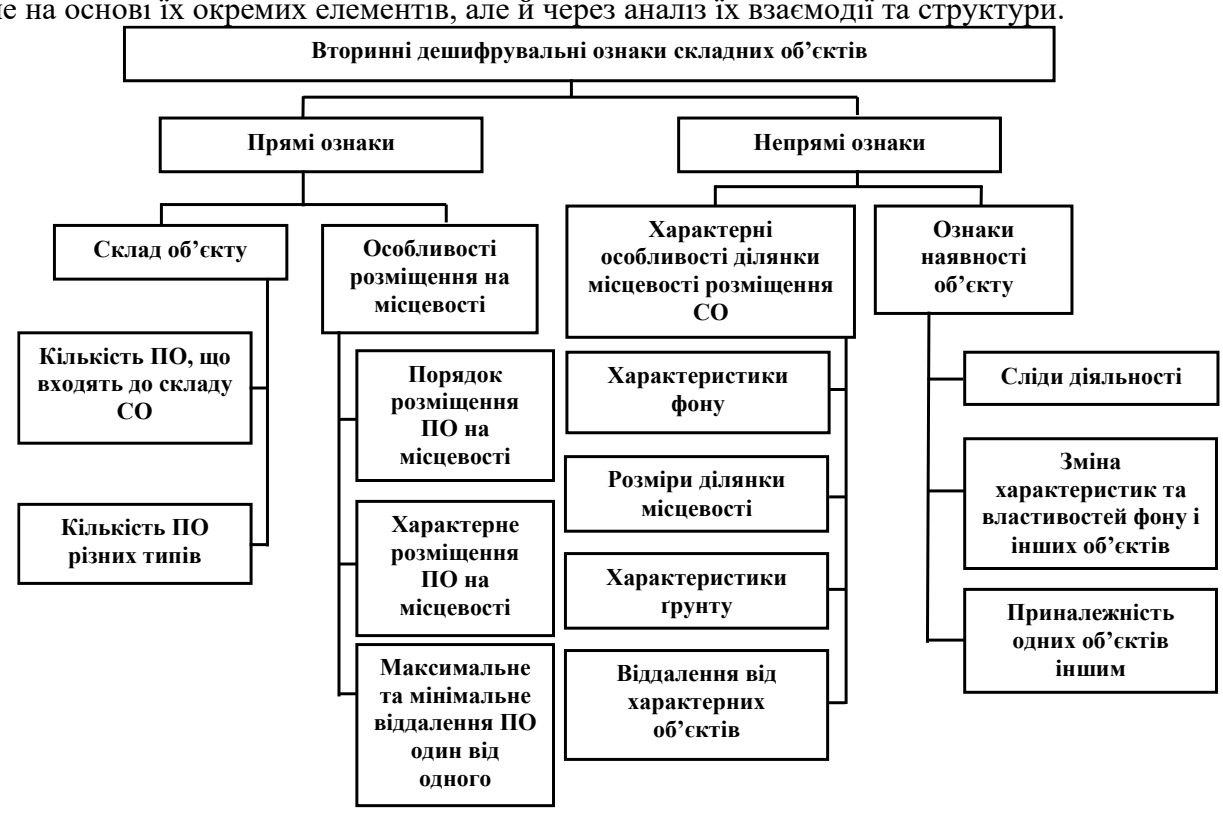

Рис. 3. Вторинні дешифрувальні ознаки складних об’єктів.

Якщо уважно розглянути розпізнавальні ознаки (рис. 1-3.), то можна зробити висновок, що дешифрувальні ознаки можуть бути кількісними, тобто мати чисельні значення, і якісними, як наприклад форма об'єкта.

Успіх дешифрування залежить від цілого ряду об'єктивних і суб'єктивних факторів, які за характером і суттю впливу на психофізіологічну діяльність фахівців можуть бути розділені на п'ять груп.

До першої групи входять характеристики матеріалів дешифрування. До них відносяться:

- розрізненність фото та відеоматеріалів;
- вид, характер зображень, його радіометричних та геометричних викривлень;
- якість та ступінь попередньої обробки знімків.

До другої групи включаються показники технічного оснащення дешифрувального процесу. В цю групу входять такі суб'єктивні фактори, як ступінь використання наявних технічних засобів, забезпечення розпізнавального процесу допоміжними матеріалами (довідниками, та ін.).

Третю групу факторів складають класифікація об'єктів і вимоги до повноти і детальності дешифрування. Ці фактори впливають на якість інформації і швидкість дешифрування, тому що залежно від постановки задачі на дешифрування можуть активізувати або сповільнювати розпізнавальну діяльність. Чим повніше класифікація і вимоги відповідають задачам дешифрування, тим більше вони сприяють формалізації розпізнавальної діяльності, визначають склад, обсяг і послідовність аналізу зображень, викладення даних і термінологію.

У четверту групу входять психофізіологічні якості і кваліфікація дешифрувальників. Ефективність зорового сприйняття визначається світло- і кольороподільною чутливістю, працездатністю. Ефективність усього складного процесу сприйняття й інтерпретації зображення, в умовах дефіциту часу залежить від пам'яті, уміння зосереджуватися, аналізувати, мислити логічно, та творчої уяви.

П'яту групу складають організаційно-технологічні фактори. Це насамперед організація робочих місць, технологія і методика дешифрування, санітарно-гігієнічні умови праці, організація робіт і керування дешифруванням. Правильна і чітка організація робіт з сучасним обладнанням і обслуговуванням робочих місць визначають не тільки якість, але й терміни дешифрування.

Висновки

Отже, результати проведених досліджень підтверджують, що використання інформаційних технологій у сфері геопросторової розвідки є потужним інструментом для вирішення екологічних та інженерних завдань, зокрема в контексті сучасних викликів:
1.Інтеграція великих даних та штучного інтелекту значно покращує автоматизоване дешифрування екранів та моніторинг змін.
2.Алгоритми машинного навчання прискорюють обробку великих обсягів даних, що критично важливі для екологічного моніторингу в умовах військових дій та відновлень.
3.Потреба у швидкій обробці та аналізі даних з різних джерел (відео, супутникові знімки, LiDAR, SAR) є ключовою для остаточного прийняття рішень в умовах військового конфлікту та природоохоронної діяльності.
4.Динаміка змін дешифрувальних ознак у залежності від освіти, погодних умов та інших факторів може використовуватися для додаткового вдосконалення ідентифікації об'єктів.
5.Розвиток технологій автоматичного аналізу геопросторових даних сприяє підвищенню ефективності управління природними ресурсами та зниженню ризиків екологічних катастроф.

Список використаної літератури

1. V. Trysnyuk, V. Prystupa, T. Trysnyuk, V. Vasylenko, A. Kurylo. Comprehensive environmental monitoring based on aerospace and ground research data. Наживо. XIX thInternationalConference “Geoinformatics: TheoreticalandAppliedAspects”. Geoinformatics 2020. 11-14 May 2020, Kyiv, Ukraine.DOI: https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo066

2. Красовський Г.Я., Трофимчук О.М., Крета Д.Л., Клименко В.І. Пономаренко І.Г., Суходубов О.О. Синтез картографічних моделей забруднення земель техногенним пилом з використанням космічних знімків // Екологія і ресурси. - К.: ІПНБ, 2005. - №12. - С. 37 - 55. 2.

3. Машков О.А.; Триснюк В.М.; Мамчур Ю.В.; Жукаускас С.В.; Нігородова С.А.; Курило А.В. Новий підхід до синтезу відновлюючого керування для дистанційно пілотованих літальних апаратів екологічного моніторингу. Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: наук.- техн. журн. - Івано-Франківськ : Симфонія форте. - 2019. № 1. (19) 2019. с. – 69-77.

4. Zaitsev S. V. Method of estimating reliability of information transmission in wireless networks channels increase in noise and interference / S. V. Zaitsev // International Journal «Information Models and Analyses». – Sofia : ITHEA, 2015. – Vol. 4 (1). – P. 87 – 99.

5.V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin. Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding Centrul Universitar Nord Din Bala Mare - UTPRESS ISSN 1582-0548, №1,2018 С.61-67.

6. Бондарчук А.П., Жебка В.В. Захист гетерогенної телекомунікаційної мережі від впливу дестабілізуючих факторів // Телекомунікаційні та інформаційні технології, 2023. № 1 (78), с. 4-16.

7. Shevchenko O., Bondarchuk A., Polonevych O., Zhurakovskyi B., Korshun N. (2021) Methods of the objects identification and recognition research in the networks with the IoT concept support. Workshop on Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems, (pp. 197–209)

References

1. V. Trysnyuk, V. Prystupa, T. Trysnyuk, V. Vasylenko, A. Kurylo. Comprehensive environmental monitoring based on aerospace and ground research data. Наживо. XIX thInternationalConference “Geoinformatics: TheoreticalandAppliedAspects”. Geoinformatics 2020. 11-14 May 2020, Kyiv, Ukraine.DOI: https://doi.org/10.3997/2214-4609.2020geo066

2. Krasovsky G.Ya., Trofymchuk O.M., Kreta D.L., Klymenko V.I. Ponomarenko I.G., Sukhodubov O.O. Synthesis of cartographic models of land pollution by man-made dust using space images // Ecology and resources. - K.: IPNB, 2005. - No. 12. - P. 37 - 55. 2. Trofymchuk, O., Kalyukh, Y., Hlebchuk, H. [2013] Mathematical and GIS-modeling of landslides in kharkiv region of Ukraine. LandslideScienceandPractice: Spatial Analysis and Modelling. – Springer, Berlin, Heidelberg. 347-352.

3. Mashkov O.A., Trysnyuk V.M.; Mamchur Y.V., Zhukauskas S.V., Nigorodova S.A., Kurylo A.V. A new approach to the synthesis of restorative control for remotely piloted aerial vehicles for environmental monitoring. Environmental safety and balanced resource use: science and technology. journal - Ivano-Frankivsk: Symphony forte. - 2019. No. 1. (19) 2019. p. - 69-77.

4. Zaitsev S. V. Method of estimating reliability of information transmission in wireless networks channels increase in noise and interference / S. V. Zaitsev // International Journal «Information Models and Analyses». – Sofia : ITHEA, 2015. – Vol. 4 (1). – P. 87 – 99.

5.V. Trysnyuk, T. Trysnyuk, V. Okhariev, V. Shumeiko, A. Nikitin. Cartographic Models of Dniester River Basin Probable Flooding Centrul Universitar Nord Din Bala Mare - UTPRESS ISSN 1582-0548, №1,2018 С.61-67.

6. Bondarchuk A.P., Zhebka V.V. Protection of a heterogeneous telecommunication network from the influence of destabilizing factors // Telecommunications and Information Technologies, 2023. No. 1 (78), pp. 4-16.

7. Shevchenko O., Bondarchuk A., Polonevych O., Zhurakovskyi B., Korshun N. (2021) Methods of the objects identification and recognition research in the networks with the IoT concept support. Workshop on Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems, (pp. 197–209)