

Interpretation of objects in images from aerial photographs using the ArcGIS geographic information system

Oleksandr Herasymov

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv

<https://orcid.org/0009-0004-9980-6692>

Serhii Khmelevskiy

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv

<https://orcid.org/0000-0001-6216-3006>

Abstract. *The theoretical foundations of aerial photograph interpretation have been analyzed, and the main methods of object interpretation on the terrain (visual, automated, and semi-automated) have been identified. It has been shown that modern GIS technologies significantly increase the accuracy and speed of image interpretation. An approach to the recognition of complex objects using the capabilities of the ArcGIS geographic information system has been proposed. The evaluation of the effectiveness of the proposed image recognition approach on aerospace images was carried out based on the calculation of probabilistic and temporal characteristics of the recognition process, which relies on the representation of its formal algorithm.*

Keywords: *geographic information system, image, interpretation, aerial reconnaissance technical means, aerial photograph.*

Дешифрування об'єктів на зображення за результатами аерофотознімків з використанням геоінформаційної системи ArcGIS

Олександр Герасимов

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv

<https://orcid.org/0009-0004-9980-6692>

Сергій Хмелевський

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv

<https://orcid.org/0000-0001-6216-3006>

Анотація. *Проаналізовано теоретичні основи дешифрування аерофотознімків, визначено основні методи інтерпретації об'єктів місцевості (візуальні, автоматизовані та напівавтоматизовані). Показано, що сучасні ГІС-технології значно підвищують точність і швидкість дешифрування. Запропоновано підхід до розпізнавання зображень складних об'єктів із застосуванням можливостей геоінформаційної системи ArcGIS. Оцінювання ефективності застосування запропонованого підходу до розпізнавання зображень на аерокосмічних знімках здійснювалося на основі розрахунку імовірно-часових характеристик процесу розпізнавання, що ґрунтується на поданні його формального алгоритму.*

Ключові слова: *геоінформаційна система, зображення, дешифрування, технічні засоби повітряної розвідки, аерофотознімок.*

На сьогодні є велика кількість публікацій, присвячених як дешифруванню аерокосмічних знімків, так і застосуванню геоінформаційних систем у різних сферах діяльності. І лише невелика кількість робіт присвячена процесу тематичної обробки просторових даних в геоінформаційних системах (ГІС) для вирішення завдань дешифрування. Так, зокрема, у роботі [1] визначено основні можливості застосування ГІС для обробки даних видової аерокосмічної розвідки; у [2] конкретизовано роль і місце ГІС у процесі спеціального дешифрування; у [3] проаналізовано можливості використання даних дистанційного зондування Землі та ГІС при створенні бази геоданих об'єктів розвідки; у [4, 5] окреслено роль і місце ГІС у системі геопросторової розвідки. Однак у жодній з робіт не визначено принципів, підходів до застосування еталонних зображень складних об'єктів у процесі дешифрування аерокосмічних знімків із застосуванням ГІС.

Зображення, отримані за допомогою знімальної апаратури сучасних засобів видової аерокосмічної зйомки, мають високу роздільну здатність, що дозволяє зафіксувати складні об'єкти (літаки, спеціальну техніку), розпізнати багато простих об'єктів (забудову, дороги, автомобілі тощо). У свою чергу, строки виконання дешифрування, якість отриманої інформації визначаються головним чином кваліфікацією дешифрувальників, діапазоном використання прогресивних підходів до обробки матеріалів зйомки. Тому актуальним є питання удосконалення методичного апарату та програмно-алгоритмічного забезпечення обробки аерокосмічних знімків, що дозволяє підвищити оперативність процесу їх дешифрування. Та розгляді запропонованого підходу до розпізнавання зображень складних об'єктів із застосуванням ГІС ArcGIS.

Завдання пошуку і розпізнавання складних об'єктів є одним із найбільш важливих при дешифруванні знімків. Склад необхідної інформації про складні об'єкти здебільшого визначається цілями і завданнями дешифрування. Однак умови дешифрування знімків аерокосмічної розвідки складаються не завжди добре для впевненого розпізнавання елементів позиції спецтехніки та допоміжного обладнання. Крім цього, загальна тенденція до стандартизації спеціальної техніки та розміщення поряд лісосмуг, дерев, тіней значно ускладнюють їх розпізнавання. Вказаних труднощів у дешифруванні складних об'єктів можна уникнути за допомогою використання довідкової інформації, поданої у вигляді стислих, наочних та достатньо інформативних довідкових даних, інакше можливе зниження оперативності обробки аерокосмічних знімків на етапі їх дешифрування.

Можливості сучасних ГІС дозволяють організувати комплексну спряжену інтерпретацію аерокосмічних знімків і створити тематичні геопросторові моделі складних об'єктів розвідки, які зберігаються у вигляді шарів геопросторової бази даних і можуть супроводжуватися умовними графічними позначеннями, електронними таблицями та текстовою інформацією. Тому пропонується як довідкову інформацію використовувати еталонні зображення майданчиків спеціальної техніки. Під еталоном складного об'єкта будемо розуміти дешифроване

зображення складного об'єкта на цифровому аерокосмічному знімку в прийнятій системі умовних позначень, що відображає кінцевий результат спеціального дешифрування. Використовуючи можливості ГІС ArcGIS, створені гіперпосилання на довідкові матеріали для окремих елементів комплексу, що суттєво підвищує інформативність еталонного зображення в цілому.

Розроблені еталонні зображення розміщення спеціальної техніки дозволяють покращити достовірність дешифрування аерокосмічних знімків на етапі розпізнавання. Для підвищення оперативності запропоновано в ході обробки космічних знімків проводити автоматизований відбір еталонних зображень для кожного окремого аерокосмічного знімка. Це скоротить час як на пошук необхідного еталонного зображення, так і на дешифрування аерокосмічного знімка. Для цього реалізовано такий підхід до відбору еталонних зображень. На першому етапі дешифрувальник у ході розпізнавання виявляє та розпізнає окремі елементи складних об'єктів. Після їх виявлення визначаються якісні (характеризують форму, вигляд, структуру об'єкта) та кількісні ознаки (визначаються через вимірювання та обчислення, наприклад довжина та ширина об'єкта: для гусеничної техніки – 6-10 м, для вантажівки – 5-12 м.). Отримані дані порівнюються з базою ознак існуючих складних об'єктів та проводиться автоматичний відбір тих еталонних зображень, характеристики яких ототожнюються з визначеними.

Аналіз складних об'єктів на зображеннях показує, що найбільш інформативними ознаками є: форма – характерні геометричні контури техніки (прямокутні, трапецієподібні, циліндричні); розмірність у просторі – пропорції довжини, ширини, висоти (навіть з тіні можна визначити висоту); тон та колір – відмінності у відбитті світла (метал, фарба, маскувальне покриття); текстура – поверхня об'єкта (гладка, рельєфна, характер слідів); тінь – форма та довжина тіні, яка дозволяє визначити не лише висоту, а й тип об'єкта; оточення та контекст – розташування техніки на місцевості (на дорогах, у сховищах, на майданчиках); асоціації – наявність характерних супутніх об'єктів (паливні баки, інженерні споруди, маскувальні сітки); довжина та ширина об'єкта; висота (за тінню на знімку можна визначити орієнтовну висоту об'єкта); співвідношення довжини до ширини (для колісної техніки зазвичай 2-3:1, для гусеничної – 1,5-2:1); площа проекції (займана площа на знімку); розташування в бойовому порядку (групування машин, інтервали між ними); кількість і щільність об'єктів (наприклад, скупчення техніки на майданчику чи в колоні).

Отримані дані дозволяють встановити діапазон значень кількісних та якісних дешифрувальних ознак для окремого об'єкту. Таким чином, дешифрувальнику достатньо лише встановити значення окремих ознак, за якими може проводитись відбір еталонних зображень. Для цієї процедури розроблено окремий програмний модуль “Відбір еталонів”, що вбудовується в ArcGIS.

Програмний модуль “Відбір еталонів” написаний на мові програмування високого рівня C#. Він використовує інтерактивний інтерфейс, реалізований за

допомогою візуальних компонентів у середовищі Microsoft Visual Studio 17.14. Модуль не є окремим додатком операційної системи і може бути завантажений лише через елементи управління ArcMap програмного комплексу ArcGIS.

Спостереження з повітря завжди залишається у авангарді де використовуються найсучасніші та найефективніші технології. Зазначене в роботі є мотивованою підставою для застосування геоінформаційних технологій. Показано, що сучасні ГІС-технології значно підвищують точність і швидкість дешифрування. Досліджено можливості ArcGIS як інструменту для роботи з аерофотознімками. Обґрунтовано доцільність використання ArcGIS завдяки розвиненим інструментам геообробки, просторового аналізу, класифікації та візуалізації об'єктів.

Розроблено методику дешифрування у середовищі ArcGIS, яка включає попередню обробку знімків (корекцію, геоприв'язку, підвищення якості зображень), автоматизовану класифікацію та візуальне уточнення результатів. Практично реалізовано дешифрування об'єктів місцевості (транспортна мережа, водні об'єкти, лісові масиви, забудова). Результати представлені у вигляді тематичних карт, що демонструють просторову структуру досліджуваної території.

Оцінено точність і ефективність дешифрування, встановлено, що використання ArcGIS забезпечує високу інформативність та надійність результатів, а інтеграція візуальних та автоматизованих методів дозволяє мінімізувати похибки.

Практичне значення роботи полягає у можливості застосування розробленої методики для розв'язання завдань військової справи, управління територіями, моніторингу інфраструктури та природних ресурсів. Отримані результати підтверджують доцільність використання ArcGIS як ефективного інструмента дешифрування аерофотознімків, а також відкривають перспективи для подальших досліджень, зокрема з використанням алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання для підвищення рівня автоматизації процесів.

Список використаних джерел

1. Науменко М. І., Стасєв Ю.В., Кузнецов О.О., Євсєєв С.П. Теорія сигнально-кодових конструкцій: монографія. Х.: ХУПС, 2008. 541с.
2. Стасєв Ю.В., Мороз В.І., Решетнікова В.В., Луценко О.А. Метод побудови управляючих послідовностей для динамічного режиму функціонування системи зв'язку та управління. Системи озброєння і військова техніка. 2025. № 1(81). С. 73-79. <https://doi.org/10.30748/soivt.2025.81.09>.
3. Стасєв Ю.В., Медведєв Д.О., Грабенко Д.О., Жуйков Д.В. Метод формування псевдовипадкових послідовностей з поліпшеними автокореляційними властивостями. Системи озброєння і військова техніка. 2016. № 4(53). С. 71-76.
4. Тупиця І. М., Кривонос В. М., Кібіткін С. О., Іващук Л. А., Белівцов А. О. Концептуальна модель автоматизації процесу дешифрування даних повітряної розвідки з використанням технологій системи штучного інтелекту. Системи озброєння і військова техніка. 2023. №1(73). С.75-81. <https://doi.org/10.30748/soivt.2023.73.09>.