

## Застосування геоінформаційних систем (ГІС) при дешифруванні аерокосмічних зображень

**О. А. Порхун**

Національна академія оборони України

Розвиток технологій дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) набув того етапу, коли повністю цифрові системи вже спроможні витіснити традиційну апаратуру як космічного, так і авіаційного сегментів. Склалися умови для переходу від демонстраційних зразків видових систем до серійних комерційних продуктів, які забезпечують належну якість формування зображень при близькому рівні витрат на зйомку, особливо з урахуванням вартості наземної обробки його матеріалів.

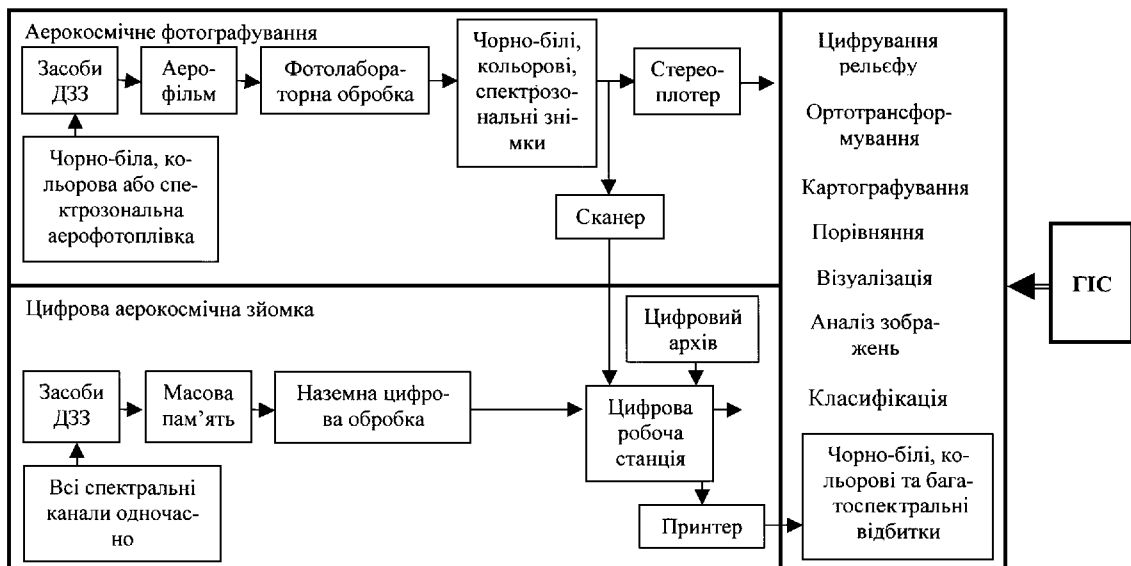
Таким чином, питання переходу до цифрових технологій в області дистанційного зондування сьогодні можна вважати однозначно та позитивно вирішеним. Використання цифрових технологій обробки аерокосмічних знімків дозволяє перейти до повністю або частково цифрового потоку даних дистанційного зондування. Відмінність сучасних технологій цифрової обробки видових матеріалів і традиційної фотографічної обробки з елементами

цифрової показано на рисунку [1].

Однією з складових ланок цього технологічного циклу є аналіз даних ДЗЗ — аерокосмічних зображень об'єктів. Аналіз зображень включає дешифрування об'єктів та виконання різних видів вимірювань. Зростання можливостей сучасних ЕОМ обумовило бурхливий розвиток програмного забезпечення для обробки та аналізу матеріалів ДЗЗ. Можна виділити три види програмного забезпечення даного напрямку:

- програми попередньої обробки та тематичного дешифрування зображень;
- програми цифрової фотограмметричної обробки зображень;
- власне геоінформаційні системи (ГІС) та картографічні бази даних.

За визначенням ГІС — це автоматизована система для роботи з графічними та тематичними базами даних, яка виконує функції моделювання та



розрахунків, створення тематичних карт та атласів для підтримки прийняття рішень та здійснення контролю [2]. Складовими частинами ГІС є: система вводу-виводу, системи управління базами даних (графічних, або просторових та тематичних, або атрибутивних), система перегляду (візуалізації), система обробки та аналізу. Перевагою ГІС, порівняно з іншими видами інформаційних систем, є можливість одночасної обробки в їхньому середовищі як просторової або просторово-прив'язаної (наприклад, про місцевість в районі розташування об'єкта), так і семантичної інформації.

До основних засобів обробки інформації, які є в ГІС, відносяться [2]:

- засоби роботи з базами даних, геометричні та арифметичні утиліти, мережний аналіз,
- виділення об'єктів за просторовими критеріями, зонування,
- засоби моделювання поверхні, аналіз растрових зображень та спеціалізований аналіз.

**Засоби роботи з базами даних**, поряд з розповсюдженими (пошук імені поля та його значення, пошук за маскою, створення, редагування та видалення поля), включають в себе особливі — калькуляцію, класифікацію та перегруповання. Калькуляція — це генерація нового значення по полям старих значень баз даних відповідно до введеної формули. Класифікація — генерація нового значення поля по класифікаційних правилах. Прикладом класифікації може служити задача визначення площ дільниць місцевості — великих, середніх та маленьких за чисельним значенням старих полів. Перегруповання — генерація нового значення по групах подібних значень. Наприклад, групувати площі дільниць місцевості з підрахунком загальної площі кожного типу дільниць.

**Геометричні утиліти** використовуються для аналізу просторових даних та зв'язків між ними. Однією з них є побудова так званої буферної зони — району, межа якого проходить на завданій або обчисленій відстані від межі вихідного об'єкта. До інших геометричних утиліт відносяться перекриття (розпізнавання полігонів, що перекриваються); внутрішні області (розпізнавання полігонів, що цілком лежать в якійсь області); об'єднання полігонів (створення геометричного об'єднання полігонів); визначення лінії перетину; пошук точки торкання лінійного об'єкта; пошук найближчого об'єкта; пошук об'єктів, що потрапили у визначений район; визначення центра прямокутника, що охоплює об'єкт.

До обов'язкових *арифметичних* (картометричних) функцій ГІС відносяться розрахунки площ, довжини та периметрів об'єктів, площ схилів, об'ємів між поверхнями.

## ТЕХНОЛОГІЇ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ ДЗЗ

**Мережний аналіз** дозволяє користувачу аналізувати просторові мережі зв'язних лінійних об'єктів (шляхи, водопроводи, лінії електропередач і т. п.). Звичайно мережний аналіз використовують для визначення найближчого, найвигіднішого шляху, визначення рівня навантаження на мережу, визначення зон впливу на об'єкти мережі інших об'єктів. Типовою задачею мережного аналізу є визначення адреси. З картою шляхів зв'язується файл бази даних з необхідною інформацією. Це дозволяє визначити адресу при вказанні координат та навпаки. З дільницями мережі звичайно зв'язують поняття напрямку руху, дані про який зберігаються в базі даних, зв'язаній з мережею. Іншими даними, що відносяться до мережі, можуть бути потужність потоку, його часові інтервали та ін.

При виділенні об'єктів за просторовими критеріями здійснюється пошук в просторовій базі даних об'єктів, що задовольняють заданий критерій або критерії. Знайдені об'єкти можуть переноситися до нового шару, при цьому може бути модифікований зміст старого шару. Водночас коригується зміст старої тематичної бази даних та створюється нова база для нового шару.

Основне призначення функцій **зонування** полягає у побудові нових об'єктів — зон, тобто дільниць територій, однорідних за обраним критерієм або групою критеріїв. Розрахунки проводяться як по одній, так і по групі характеристик і можуть бути узагальнені відповідно до завданих користувачем критеріїв.

**Створення моделей поверхонь** — це створення і моделі побудови ізолінійних зображень, і моделі тривимірної візуалізації, наприклад побудова панорами місцевості в аксонометричній або іншій проекції, побудова профілю і т. д. Розрахунок проводиться за числовими характеристиками, що містяться в базі даних. Моделюватись можуть як зображення реального рельєфу або неперервного поля, сучасного чи з урахуванням динамічних змін, так і уявні поверхні, побудовані за одним або декількома показниками.

При проведенні аналізу **растрових зображень** в ГІС як вхідні дані звичайно використовуються знімки або растеризовані векторні зображення. Знімки, внаслідок їхньої сучасності та достовірності, часто використовують для оцінки динаміки змін шляхом порівняння знімків різної давнини, аналізу просторових взаємозв'язків явищ.

**Засоби спеціалізованого аналізу** призначені для обробки інформації у певній спеціалізованій галузі. Комерційні ГІС можуть забезпечуватися програмними модулями, що підтримують проведення певних видів спеціалізованих аналізів (геологічний,

нафтодобувний, медичний та ін.), однак лише деякі ГІС мають в своєму складі засоби спеціалізованого аналізу. Відсутність такого роду засобів у більшості ГІС пояснюється тим, що організації, які виконують спеціалізовані роботи, намагаються проводити аналіз за власними методиками та правилами. Робота з специфічними даними за спеціальними алгоритмами є характерною рисою цього типу аналізу. Крім того, слід враховувати, що погляди на його проведення з часом можуть змінюватися. Проблема створення засобів спеціалізованого аналізу або спеціалізованих додатків вирішується завдяки «відкритості» більшості ГІС, — тобто можливості адаптування геоінформаційних систем до вирішення конкретної задачі за допомогою спеціальних засобів — мов створення додатків. Мови створення додатків складаються, як правило, з набору команд, подібних командам мови програмування високого рівня, однієї або декількох об'єктних бібліотек, що включають більш складні функції, та компілятора або інтерпретатора, який обробляє команди та файли з текстами програм.

Вище зазначені властивості ГІС дозволяють впроваджувати їх у процес дешифрування аерокосмічних зображень, у тому числі спектрзональних, з метою підвищення його достовірності та усунення протиріччя між значними обсягами даних ДЗЗ і обмеженими можливостями їхньої обробки.

Дешифрування аерокосмічних зображень складається з етапів виявлення, розпізнавання та інтерпретації.

Основну увагу звернемо на можливості використання ГІС при розпізнаванні об'єктів на аерокосмічному зображенні, тобто етапі, в процесі якого роздільно сприймаються та аналізуються складові ознаки (елементи, деталі) об'єкта та встановлюється сутність (тип, клас і т. д., в залежності від поставленої задачі) виявленого об'єкта.

Як відомо, всі об'єкти при розміщенні та пересуванні на місцевості та в просторі, а також при функціонуванні згідно зі своїм прямим призначенням виявляють себе низкою ознак, що дозволяють розпізнати ці об'єкти [3]. Розпізнавальні ознаки об'єктів поділяються на прямі та побічні.

Прямі ознаки забезпечують безпосереднє розпізнавання об'єктів. Головною прямою ознакою об'єктів, внаслідок їхньої стабільності та визначеності обрисів, є форма (зовнішній контур просторового об'єкта).

Однак при використанні форми об'єктів для їхнього розпізнавання на аерокосмічних (у тому числі спектрзональних) зображеннях виникає низка проблем. Однією з таких проблем є неможливість правильного розпізнавання різних за призначенням об'єктів внаслідок схожості або однаковості їхньої форми. Тому для підвищення досто-

вірності дешифрування необхідно використовувати побічні ознаки, вагомість яких для правильного дешифрування в таких випадках значно підвищується.

До побічних ознак належать відносно розташування об'єктів або приуроченість одних об'єктів до інших, сліди діяльності об'єктів та ін. Однак знайти на знімку побічні ознаки значно складніше ніж прямі, тому при візуальному дешифруванні побічні ознаки можуть широко використовуватися лише дешифрувальниками високої кваліфікації. Внаслідок цього виникає потреба у створенні методик автоматизованого дешифрування, які дозволяють використовувати як прямі, так і побічні дешифрувальні ознаки.

Однією з таких методик є методика автоматизованого дешифрування об'єктів на основі ГІС-технологій [4]. В цій методиці використовується модель розпізнавання за Байєсом. Перевагою цієї моделі є те, що вона дозволяє використовувати для дешифрування апіорну, а також різномірну за своєю природою інформацію (наприклад, морфометричну і семантичну інформацію). При цьому імовірність належності об'єкта до класу розраховується по такій формулі:

$$P(\Omega_m/X_r) = \frac{P_0(\Omega_m)P(\Omega_m/T_{\text{місц.}})P(\Omega_m/T_{\text{ккrypt.}})P(\Omega_m/T_{\text{г/п}})\prod_{n=1}^M P(\Omega_m/g_n^r)}{\sum_{l=1}^M P_0(\Omega_l)P(\Omega_l/T_{\text{місц.}})P(\Omega_l/T_{\text{ккrypt.}})P(\Omega_l/T_{\text{г/п}})\prod_{n=1}^M P(\Omega_l/g_n^r)} \quad (1)$$

де  $\Omega_m$  — клас об'єкта,  $m = 1, \dots, M$ ;  $X_r$  — вектор вимірювань ознак об'єкта  $r$  з сукупності об'єктів  $R$ ;  $P(\Omega_m/X_r)$  — апостеріорна умовна імовірність належності об'єкта  $r$  до класу  $\Omega_m$  за даним значенням вектора  $X_r$ ;  $P_0(\Omega_m)$  — апіорна імовірність належності об'єкта до класу  $\Omega_m$ ;  $P(\Omega_m/T_{\text{місц.}})$  — умовна імовірність належності об'єкта до класу  $\Omega_m$  відповідно до типу місцевості (враховується тип ґрунту та рослинність);  $P(\Omega_m/T_{\text{ккrypt.}})$  — умовна імовірність належності об'єкта до класу  $\Omega_m$  відповідно до крутизни схилу;  $P(\Omega_m/T_{\text{г/п}})$  — умовна імовірність належності об'єкта до класу  $\Omega_m$  відповідно до відстані від визначеного району;  $P(\Omega_m/g_n^r)$  — умовна імовірність належності об'єкта до класу  $\Omega_m$  за значенням коефіцієнта схожості  $g$  контуру об'єкта  $r$  з відповідним еталоном класу  $n$  (визначається за допомогою алгоритмічного забезпечення, описаного в [5]).

Методика включає до себе такі етапи.

1. Визначення множини класів, до яких можуть відноситися об'єкти на зображенні.

2. Розрахунок апостеріорних умовних імовірнос-

тей  $P(\Omega_m/T_{\text{міст}})$ ,  $P(\Omega_m/T_{\text{крут}})$ ,  $P(\Omega_m/T_{\text{б/п}})$  та  $P(\Omega_m/g_n)$  для визначеної множини класів.

3. Отримання цифрового аерокосмічного зображення та його прив'язка до цифрової карти місцевості в середовищі ГІС.

4. Локалізація об'єкта на зображенні.

5. Визначення за допомогою цифрової карти місцевості характеристик місцевості в районі розташування об'єкту та значень відповідних умовних імовірностей  $P(\Omega_m/T_{\text{міст}})$  та  $P(\Omega_m/T_{\text{крут}})$ .

6. Визначення значень коефіцієнта схожості  $g$  контуру об'єкта з еталонами класів та відповідної умовної імовірності  $P(\Omega_m/g_n)$ .

7. Визначення значень відстані об'єкта від визначеного району та відповідної умовної імовірності  $P(\Omega_m/T_{\text{б/п}})$ .

8. Розрахунок апостеріорних імовірностей належності об'єкта до класів згідно з формулою (1).

9. Підключення особи, що приймає рішення, для визначення належності об'єкта до певного класу відповідно до значень апостеріорних імовірностей та прийнятого вирішального правила.

На алгоритмічному рівні методика реалізується за допомогою ГІС в інтерактивному (п.п. 2—4, 6, 9) та автоматичному (п.п. 5, 7, 8) режимах.

Методика дозволяє проводити автоматизоване дешифрування аерокосмічних (у тому числі, спектрально-зональних) зображень об'єктів з залученням як прямих (форма) так і побічних ознак, що значно підвищує його достовірність. Оскільки у методиці використовується просторово прив'язана інформація про об'єкти та місцевість, а найбільш зручним інструментом для обробки такої інформації є геоін-

формаційні технології, то як середовище реалізації цієї методики доцільно використовувати геоінформаційні системи. Додаток, що реалізує таку методику, буде відноситися до спеціалізованих ГІС-додатків, тому його розробку слід провадити фахівцями у галузі ГІС із залученням фахівців з предметної галузі. Доцільно також передбачити інтегрування такого додатку до складу автоматизованих інформаційних систем (наприклад, автоматизованих систем картографування). Детальніше питання розробки спеціалізованих ГІС-додатків розглянуто в роботі [6].

1. Станкевич С. А., Кононов В. І. Использование материалов дистанционного зондирования Земли для создания пространственных баз данных // Сучасний стан та тенденції розвитку технологій обробки просторових даних: Матер. семінару, Київ, 12—14 березня 2001 р.
2. Филатов Н. Н. Географические информационные системы: Применение ГИС при изучении окружающей среды. — Петрозаводск: КГПУ, 1997.—92 с.
3. Моисеев В. Л., Попов М. А. Фотограмметрическая обработка и дешифрирование аэроснимков. — Киев: КВВАИУ, 1991.—Ч. 2.—337 с.
4. Порхун О. А. Методика автоматизованого дешифрування аерокосмічних зображень військових об'єктів на основі геоінформаційних технологій // Науково-теоретичні проблеми створення та застосування авіаційних та космічних систем: Матер. наук. конф., Київ, 10—11 квітня 2001 р.
5. Бескровный В. В. О бионическом подходе к классификации объектов на изображении // Информационные технологии в дешифрировании изображений: классификация и оценка эффективности. — Киев: КИ ВВС, 1995.—С. 25—35.
6. Попов М. О., Середінін Є. С., Порхун О. А. ГІС-технології у військових інформаційних системах // Вісник геодезії та картографії.—2001.—№ 2(3).—С. 76—79.