

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ПРОЦЕСУ ДЕШИФРУВАННЯ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ СЕРЕДНЬОЇ РОЗРІЗНЕННОСТІ В ІНТЕРЕСАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ Й ОБОРОНИ

У статті проаналізовано основні завдання та особливості дешифрування космічних знімків, розроблено методичні підходи до процесу дешифрування знімків середньої розрізненності, запропоновано варіанти їх використання в інтересах національної безпеки й оборони. Узагальнено вимоги до військового дешифрування таких знімків.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день роль космічних систем розвідки постійно зростає при плануванні та безпосередньому проведенні військових операцій, моніторингу військово-промислових об'єктів за межами національних територій з метою виявлення загроз, контролю дотримання міжнародних угод [1, 2]. Крім того, важливим є спостереження власних військово-промислових об'єктів для контролю заходів оперативного маскування та протидії іноземним засобам розвідки, а також при виникненні надзвичайних ситуацій та для вирішення народногосподарських завдань, необхідних для розвитку національної економіки.

Для вирішення завдань в інтересах національної безпеки необхідні створення і підтримка Україною власного угруповання космічних апаратів, що потребує значних матеріальних витрат та часу. Одним з альтернативних варіантів є використання комплексованих систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) високої, середньої та низької просторової розрізненності (ПР) інших країн. Системи ДЗЗ середньої розрізненності дозволяють оперативно виявляти зміни в обстановці, а потім деталізувати їх за допомогою систем високої розрізненності. Перевагами космічних систем ДЗЗ середньої ПР є оперативність та регулярність зйомки, а також наявність систем з відкритими кодами передачі даних [3].

Огляд останніх досліджень і публікацій. Проблеми цільового використання даних ДЗЗ при вирішенні завдань в інтересах національної безпеки й оборони знайшли відображення в низці публікацій [1–7]: у [1–3] висвітлено основні завдання аерокосмічної розвідки, висунуто вимоги щодо забезпечення потрібної роздільної здатності, оперативності інформації, масштабу зображення та ін.; у [4–5] розглянуто можливості використання інформації з космічних апаратів ДЗЗ для своєчасного виявлення загроз у військовій сфері та використання цих даних при плануванні адекватних дій військ (сил); у [7, 8] досліджено теоретичні та практичні основи дешифрування військових об'єктів на аерокосмічних знімках.

У наведених роботах за основне джерело інформації використано дані ДЗЗ високої ПР. У зв'язку з тим, що середня ПР знімків накладає певні обмеження на можливості виявлення та класифікації об'єктів, питання їх використання на теперішній час недостатньо висвітлені.

Формулювання завдання дослідження. Метою статті є аналіз завдань, які можуть вирішуватись за даними ДЗЗ середньої розрізненності, та розроблення методичних підходів до їх дешифрування в інтересах безпеки держави.

Виклад основного матеріалу. Досвід воєнних конфліктів підтвердив, що система космічної військової розвідки є необхідним елементом інфраструктури держави, яка має сучасні збройні сили. На сьогодні створення та розвиток космічних засобів та технологій ДЗЗ є одним з найважливіших напрямків застосування космічної техніки для оборонних, соціально-економічних та наукових цілей.

У наш час за допомогою методів ДЗЗ з космосу успішно виконують різні тематичні завдання для інформаційного забезпечення наукових, народногосподарських проблем та питань національної безпеки й оборони [1–3]. При цьому особливостями обробки даних ДЗЗ середньої розрізненності є такі:

завдання військового дешифрування передбачають необхідність використання методів загальногеографічного дешифрування, а також інших тематичних методів (наприклад, метеорологічного);

космічні знімки середньої ПР дозволяють виявляти за прямими та непрямими ознаками лише великі об'єкти, що призводить до труднощів при класифікації об'єктів та, відповідно, при прийнятті рішень;

багатоспектральні знімки дозволяють проводити аналіз температури та забрудненості повітря, ґрунту та води, що надає додаткові можливості з виявлення та моніторингу природних об'єктів та результатів людської діяльності [9–11];

обробка космічних багатоспектральних знімків із застосуванням сучасних геоінформаційних систем та обчислювальних комплексів дозволяє автоматизувати процес попередньої та тематичної обробки даних дистанційного зондування.

У табл. 1 наведено основні об'єкти космічної військової розвідки та ПР, необхідну для їх інтерпретації [2]. Дані з подвійними числами характеризують необхідну ПР для великих (малих) об'єктів розвідки.

Таблиця 1

Просторова розрізненність, необхідна для інтерпретації об'єктів

Об'єкт аерокосмічної розвідки	Необхідна лінійна розрізненність, м			
	виявлення	розпізнавання		
		вид	клас	тип
1	2	3	4	5
Ракетні комплекси	3,0	1,5	0,6	0,3
Аеродроми	20 (6,0)	15 (4,5)	10 (3,0)	5 (2,5)
Літальні апарати	13 (4,5)	4,5 (1,5)	3,5 (0,9)	2,5 (0,4)
Бойова і транспортна техніка	1,5	0,5	0,3	0,05
Артилерійські системи	0,9	0,6	0,15	0,05
Військові підрозділи	6,0	2,1	1,2	0,3
Штаби і пункти управління	1,5	0,9	0,3	0,15
Радіолокаційні станції	3,0	0,9	0,3	0,15

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
Морські порти	30,0	15,0	6,0	3,0
Кораблі	20 (7,5)	15 (4,5)	10 (2,5)	5 (1)
Залізничні станції	30,0	15,0	6,0	1,5
Населені пункти	60,0	6,0	3,0	3,0
Дороги	9,0	6,0	1,8	0,15
Мости, переправи	6,0	4,5	1,5	0,9

ПР космічних знімків визначає детальність зображень, тобто їх інформаційну спроможність забезпечувати рішення цільових завдань. За знімками, що формуються засобами космічного спостереження, цільові об'єкти можуть бути виявлені та розпізнані до виду і типу. Рівень виконання вказаних завдань залежить від відношення мінімальних лінійних розмірів об'єктів спостереження до розрізненості зображення. Крім геометричних характеристик знімків значущими також є яскравість, контрастність та інші їх параметри.

Виходячи з даних табл. 1, можна зробити висновок про те, що дешифрування космічних знімків середньої розрізненості (15 м і більше) дозволяє за просторовими ознаками виявляти тільки великі об'єкти, такі як: залізничні вузли та станції, морські порти, великі кораблі та літальні засоби. До цього переліку необхідно додати і великі промислові підприємства. Наявність багатоспектральних знімків, а також типова побудова складних об'єктів розвідки дозволяють за спектральними ознаками та структурними властивостями розпізнавати види зазначених об'єктів, спостерігати динаміку зміни їх стану. Неявні ознаки в різних спектральних діапазонах дозволяють на знімках середньої ПР виявляти мережу автомобільних та залізничних доріг.

Важливим завданням якісного виконання поставлених завдань є наявність топографічних карт різних масштабів цільових районів, а також тактична оцінка місцевості (метеорологічні та тематичні карти стану природних об'єктів тощо).

Багатоспектральні знімки середньої розрізненості дозволяють також оцінити характер діяльності військ противника та результати ураження його позицій за спектральним аналізом забруднення ґрунту, водних акваторій та повітря. Крім того, такий аналіз дозволяє вирішувати інші завдання в інтересах національної безпеки й оборони, наприклад, оперативне виявлення та моніторинг стихійних лих.

Із зазначеного вище випливає, що безпосередньо за допомогою космічних знімків середньої розрізненості в інтересах національної безпеки й оборони України можна вирішувати такі завдання:

- оновлення топографічних карт;
- створення цифрових моделей рельєфу місцевості;
- оцінювання тактичних характеристик місцевості: створення та оновлення тематичних карт стану природних об'єктів (рослинності, ґрунтового покриву, аварійної небезпеки територій та ін.);

оперативне виявлення і моніторинг забруднень повітря, земної та водної поверхні з метою оцінювання людської діяльності, встановлення факту виникнення стихійного лиха, прогнозування погоди;

встановлення факту радіаційного і хімічного зараження місцевості й атмосфери;

оцінювання результатів вогневого ураження та збитків від стихійних лих;

виявлення та моніторинг стану динамічних і стаціонарних важливих об'єктів військової розвідки й інфраструктури, військово-промислових підприємств.

Слід зазначити, що завдання дешифрування не ізольовані одне від одного. Наприклад, виявлення факту забруднення морської акваторії відходами палива може бути зафіксоване при уточненні топокарт, що є фактом наявності в акваторії, яку аналізують, корабля та додатковою ознакою при виявленні судна для визначення його швидкості й напрямку руху. Таким чином, розподіл проведено з точки зору упорядкування завдань військового дешифрування, які на практиці часто поєднані з методами.

Проаналізуємо особливості проведення дешифрування космічних знімків при вирішенні окреслених завдань.

Уточнення картографічних матеріалів. Можливості обмежені характеристиками датчиків космічних апаратів, тому дрібні деталі (рів, мала річка, окремі дерева тощо) на картах виявити не можливо. Обробка даних дистанційного зондування проводиться загальногеографічними методами дешифрування.

Визначення тактичних властивостей місцевості. Багатозональна космічна зйомка значно розширює науково-методичний апарат дистанційного зондування. Фіксуючи неоднозначні спектральні яскравості ландшафтних об'єктів, вона дозволяє використовувати як дешифрувальні ознаки, крім традиційної щільності тону, спектральні образи, що інтегруються за серією зональних знімків. Таким чином, спектральний образ того чи іншого географічного об'єкта подається як сукупність оптичних щільностей його зображення на серії космічних знімків, виконаних у різних тонах спектра.

Визначення тактичних властивостей місцевості здійснюють загальногеографічними методами дешифрування. Результати дають відповідь на питання про сніговий, льодовий покрив взимку, заболоченість або підтопленість місцевості тощо. Періодичність оновлення даних визначається сезонами року.

Створення цифрових моделей рельєфу місцевості. Питання є важливим у військовому аспекті. Їх реалізація здійснюється обробкою багатоспектральних даних дистанційного зондування видимого діапазону. Метод обробки – кореляційний з використанням стереопар.

Періодичність побудови рельєфу місцевості – раз на 10 років. За цей час можливі зміни рельєфу, наприклад, русла річок у м'яких ґрунтах можуть переміститись на кілька сотень метрів. Не слід здійснювати побудову цифрової моделі рельєфу місцевості взимку, оскільки сніговий та льодовий покрив ускладнюють отримання достовірної інформації.

Метеорологічне оцінювання та прогнозування здійснюють завдяки обробці даних у видимому і інфрачервоному каналах методами метеорологічного дешифрування.

Виявлення забрудненості атмосфери, суходолу, водних акваторій (виявлення фактів та особливостей застосування озброєння і військової техніки, діяльності

промислових підприємств, виявлення пожеж). Вирішення цього завдання потребує використання знімків у максимальній наявній кількості каналів, а також застосування еталонів і методик виявлення конкретних типів об'єктів і подій за особливостями, що проявляються у вузьких спектральних зонах. Періодичність зйомки визначається різною температурною інерцією різних речовин, що дає додаткову можливість виявлення об'єктів спостереження і подій.

Дешифрування великих військових об'єктів, габаритного озброєння та техніки здійснюють методами військового дешифрування в автоматизованому режимі [4].

Необхідно зазначити, що на цьому етапі для повноти картини використовують дані й уточнюють результати інших завдань дешифрування знімків. Наприклад, при деталізації топокарт наносять автомобільні та залізничні шляхи, у ході аналізу забрудненості атмосфери, поверхні землі й води в районі промислових об'єктів, транспортних вузлів аналізують динаміку зміни стану, що є ознакою, на основі якої можна передбачити перспективу розвитку подій.

Узагальнені основні вимоги до військового дешифрування космічних знімків середньої розрізненості наведено в табл. 2.

Для побудови конкретних алгоритмів дій дешифрувальника при вирішенні завдання достовірного дешифрування багатозональних космічних знімків середньої розрізненості необхідно провести такі заходи [5]:

- розділити завдання на групи, які вирішуються при:
 - ландшафтному (топографічному) дешифруванні;
 - аналізі термічного стану та хімічного забруднення (зміни складу) атмосфери, ґрунту, водної акваторії;
 - комплексному застосуванні методів дешифрування;
 - кожне завдання розбити на окремі питання та проаналізувати особливості прояву ознак (індикаторів) об'єктів у спектральних зонах багатоспектральної (а в перспективі – гіперспектральної) зйомки залежно від кліматичних, сезонних, погодних умов;
 - обмежити перелік виробництв промислового комплексу, які підлягають виявленню та моніторингу стану на основі дешифрування космічних знімків середньої розрізненості, а також перелік боєприпасів, результати застосування яких підлягають аналізу;
 - розробити довідкові матеріали, еталонні дані, методики комбінованої обробки даних у різних спектральних діапазонах при аналізі повітря, ґрунту, водної поверхні з метою виявлення та моніторингу об'єктів військової розвідки;
 - для кожного завдання визначити показники та критерії прийняття рішення;
 - шляхом імітаційного моделювання проаналізувати інтервали можливих значень показників (прямих та непрямих ознак дешифрування) для кожного завдання та конкретних випадків (наприклад, оцінювання результатів вогневого удару за змінами ландшафту, забруднення поверхні землі та повітря – залежно від типу використаних боєприпасів; оцінювання зміни ситуації на підприємствах оборонного комплексу за спектральними змінами складу та температури повітря);
 - розробити рекомендації дешифрувальнику з використання програмних продуктів на етапах попередньої, тематичної обробки космічних знімків та прийняття рішення.

Таблиця 2

Основні вимоги до військового дешифрування космічних знімків середньої розрізненості

№ з/п	Завдання, яке вирішується в інтересах забезпечення національної безпеки та оборони	Вимоги до даних ДЗЗ				Сезонність	Методи та методи обробки даних ДЗЗ, які використовують для вирішення завдання	Примітки
		за просторовою розрізненістю	за спектральною розрізненістю	за часовим розрізненням	за радіометричним розрізненням			
1	Визначення тактичних властивостей місцевості, уточнення картографічних матеріалів	Відповідно до масштабу карт (> 1:5 м)	Видимий діапазон	За потреби, не менше 4 разів/рік	8 біт	-	Топографічне дешифрування; ландшафтне дешифрування	
2	Створення цифрових моделей рельєфу місцевості	< 100 м	Видимий діапазон	0,1 разів/рік	8 біт	Весна, літо, осінь	Кореляційний метод пошуку однотипних об'єктів на стереопарах	Стереозйомка
3	Виявлення забрудненості атмосфери, суходолу, водних акваторій (виявлення фактів та особливостей застосування озброєння і військової техніки, діяльності промислових підприємств, виявлення пожеж)	200–300 м	До 25 каналів в інфрачервоному діапазоні	0,5 разів/добу	10–12 біт	-	Статистичний аналіз розподілу спектральних характеристик	
4	Метеорологічні оцінки та прогнози	100 м	1 видимий + 1 інфрачервоний	0,25 разів/добу	8 біт	-	Метеорологічне дешифрування	
5	Дешифрування великих військових об'єктів, габаритного озброєння і техніки	15 м	> 2 каналів	0,5 разів/добу	8 біт	-	Військове дешифрування	Автоматизований метод

Висновки. Підвищення вимог до інформаційного забезпечення Збройних Сил України, а також до виконання інших завдань в інтересах національної безпеки й оборони передбачає активне використання даних космічної зйомки комплексованих систем високої, середньої та низької ПР.

Використання багатоспектральних космічних знімків середньої розрізненності дозволить підвищити інформативність військової розвідки завдяки врахуванню особливостей діяльності людини та застосування зброї, виробничих циклів на великих підприємствах. Особливістю дешифрування знімків середньої розрізненності для вирішення завдань в інтересах національної безпеки є використання загальногеографічних методів дешифрування, методів військового дешифрування та тематичного інших галузей.

Для автоматизації космічної військової розвідки необхідне розроблення алгоритмів діяльності дешифрувальника та методик використання сучасного програмного забезпечення обробки космічних знімків при вирішенні конкретних завдань. Отже, саме ці питання є перспективним напрямком подальших досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аерокосмічна розвідка в локальних війнах сучасності: досвід, проблемні питання і тенденції : монографія / Л. М. Артюшин, С. П. Мосов, Д. В. П'яковський, В. Б. Толубко. – К. : НАОУ, 2002. – 208 с.
2. Попов М. О. Шляхи отримання космічної інформації в інтересах національної безпеки та оборони / М. О. Попов // Наука і оборона. – 2003. – № 2. – С. 38–50.
3. Негода О. О. Зарубіжні системи дистанційного зондування Землі з космосу подвійного призначення. Історія створення, принципи дії, застосування і перспективи розвитку / О. О. Негода, В. Б. Толубко, С. П. Мосов. – К. : НАОУ, 2005. – 246 с.
4. Оцінювання можливостей космічних систем дистанційного зондування Землі по спостереженню заданого району / В. І. Присяжний, О. М. Кондратов, І. М. Бутко, Г. В. Худов // Системи озброєння та військова техніка. – 2005. – № 2 (2). – С. 80–83.
5. Комаров В. С. Застосування космічних систем дистанційного зондування Землі в інтересах національної безпеки і оборони / В. С. Комаров, О. І. Солонець // Системи обробки інформації. – 2008. – № 3 (70). – С. 73–75.
6. Болобан С. І. Дешифрування аерокосмічних знімків. Ч. 1, 2 : навч. посіб. / С. І. Болобан. – Ж. : ЖВІ НАУ, 2009. – 620 с.
7. Карпович И. Н. Военное дешифрирование аэроснимков / И. Н. Карпович. – М. : Воениздат, 1990. – 544 с.
8. Гарбук С. В. Космические системы дистанционного зондирования Земли / С. В. Гарбук, В. Е. Гершензон. – М. : Из-во А и Б, 1997. – 296 с.
9. Книжников Ю. Ф. Аэрокосмические методы географических исследований : учеб. пособ. для студ. высш. учеб. заведений / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М. : Изд. центр “Академия”, 2004. – 336 с.
10. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування : монографія / За ред. В. І. Лялько, М. О. Попова. – К. : Наукова думка, 2006. – 360 с.

11. Красовський Г. Я. Космічний моніторинг водних екосистем з використанням ГІС-технологій / Г. Я. Красовський, В. А. Петросов. – К. : УІДНСР, 2002. – 230 с.

Подано 17.02.2015

С. В. Ковбасюк, Д. Л. Федорчук, А. Д. Носова

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЦЕССУ ДЕШИФРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ СРЕДНЕГО РАЗРЕШЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОБОРОНЫ

В статье проанализированы основные задания и особенности дешифрирования космических снимков, разработаны методические подходы к процессу дешифрирования снимков среднего разрешения, предложены варианты их использования в интересах национальной безопасности и обороны. Обобщены требования к военному дешифрированию таких снимков.

S. V. Kovbasiyuk, D. L. Fedorchiyuk, G. D. Nosova

METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF DECRYPTION OF REMOTE SENSING IN THE INTERESTS OF NATIONAL SECURITY AND DEFENSE

In the article analysed basic tasks and features of decoding of space pictures, the methodical going is worked out near the process of decoding of pictures of middle permission, the variants of their use are offered in behalf of national safety and defensive. Requirements are generalized to the military decoding of such pictures.