

**СТАНКЕВИЧ С.А.**, старший науковий співробітник, доктор технічних наук, доцент

**ЗАХАРОВ О.Б.**, провідний науковий співробітник науково-методичного центру кадрової політики Міністерства оборони України, кандидат технічних наук

**ПОНОМАРЕНКО С.О.**, начальник науково-дослідної лабораторії

## **КОНЦЕПЦІЯ ЗЛИТТЯ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ ПРИ ПЛАНУВАННІ ВИДОВОЇ АЕРОКОСМІЧНОЇ РОЗВІДКИ**

*Запропонована концепція злиття геопросторових даних, яка є теоретичною основою оптимізації застосування наявних сил і засобів видової аерокосмічної розвідки в межах смуги ведення військової операції*

Організація і проведення сучасних операцій збройних сил вимагає також сучасного розвідувально-інформаційного забезпечення. При цьому основними показниками є можливості розвідки, в тому числі аерокосмічної, по глибині, оперативності, повноті, достовірності та точності визначення координат об'єктів розвідки. Досягнення цими показниками потрібних значень можливе лише із залученням сучасних технічних засобів аерокосмічної розвідки та новітніх геоінформаційних технологій [1]. Розвинені країни світу приділяють розвитку таких технологій значну увагу.

Національне агентство геопросторової інформації (NGA) США планує суттєво розширити масштаби застосування видової продукції комерційних аерокосмічних систем для вирішення оборонних задач. При цьому комерційні супутники є складовою частиною загальної архітектури національної аерокосмічної системи збору геопросторових даних. Вперше комерційні знімки високої просторової розрізненості використовувалися по районах бойових дій у ході бойової операції Enduring Freedom в Афганістані в 2001 році. В останні роки NGA регулярно закуповувало комерційну аерокосмічну інформацію не тільки у військових цілях, але й для оцінки наслідків стихійних лих і планування рятувальних операцій. У рамках проекту GeoScout агентство NGA створює наземну інфраструктуру спільного замовлення, обробки, автоматизованого аналізу та підготовки різноманітних геопросторових даних на основі матеріалів видової аерокосмічної розвідки, комерційних супутникових і аерознімків.

Основні області застосування геопросторових даних – розробка високоточних детальних карт і цифрових моделей рельєфу, визначення координат стаціонарних і малорухомих цілей, контроль результатів ракетно-артилерійських і авіаударів. Наддетальні зображення знаходять застосування у видовій аерокосмічній розвідці, при плануванні операцій на місцевості, оцінці стану доріг, ліній зв'язку, трубопроводів та інших об'єктів інфраструктури.

У США офіційно запроваджений термін геопросторова розвідка (Geospatial Intelligence – GEOINT), який визначається як процес використання і аналізу геопросторової інформації для опису, оцінки та візуального відображення фізичних особливостей місцевості, об'єктів і змін їхніх характеристик із видачею координатної геопросторової прив'язки. Геопросторова розвідка – це добування інформації про будь-які об'єкти природного та штучного походження, які можуть бути візуально відображені. Споживачами геопросторової інформації є організації зі складу розвідувального співтовариства США – збройні сили і державні відомства США та спецслужби країн-союзників [2].

Обробка аерокосмічних зображень, розробка карт і геоінформаційних продуктів здійснюються в рамках програми аналізу геопросторової і видової інформації під найменуванням Omnibus. Особлива увага приділяється впровадженню процедур автоматичного пошуку та аналізу змін на об'єктах зйомки за декількома різночасовими зображеннями (часовими рядами).

Основний принцип геоінформаційної підтримки управління полягає у необхідності забезпечення відповідності власного простору об'єкта та геоситуації за змістом на всіх етапах управління. Вимоги принципу – використання геоінформації як єдиної основи для всіх етапів управління. Категорії управління повинні мати територіальне вираження, подання, методи обробки геоданих і повинні забезпечувати активність геоінформації в системі управління. Під активністю геоінформації розуміються такі способи організації її подання та використання, при яких геоінформація досягає рівня прийняття рішень. Процеси використання геоінформації стають активними, якщо в результаті її обробки на електронній карті (у геопросторі) відображаються несприятливі з погляду використання області та можливі варіанти покращення ситуації, що склалася [3].

Геоінформаційне забезпечення військ передбачає циркуляцію даних про місцевість і об'єкти на ній в спеціалізованій геоінформаційній системі (ГІС). По своїй суті ГІС – це сполучення топографічної карти та геоданих – цифрового масиву необхідної різномірної інформації, систематизованої та прив'язаної до відповідної точки картографічного зображення. ГІС військового призначення має створювати і підтримувати цифрові моделі оперативної обстановки. Впровадження ГІС дозволяє істотно підвищити точність, актуальність та оперативність відновлення геоданих [4].

Однією з найважливіших задач ГІС аерокосмічної розвідки є ведення каталогу об'єктів в оперативній смузі. Але періодичність оновлення даних про об'єкти аерокосмічної розвідки має бути достатньою для адекватних обставинці рішень командування і штабів. В умовах сучасних операцій збройних сил більша кількість об'єктів розвідки будуть рухомими, тому для гарантованого їх виявлення потрібен періодичний перегляд всієї смуги проведення операції засобами аерокосмічної розвідки. Але обмеженість можливостей сучасних авіаційних та супутникових систем видової розвідки не дозволяє, як правило, забезпечити такий перегляд з необхідною частотою [5].

Отже, виникає актуальна задача оптимального або хоч би раціонального розподілу наявних сил і засобів видової аерокосмічної розвідки по окремих ділянках смуги ведення операції. Зараз ця задача вирішується органами планування аерокосмічної розвідки на основі неформалізованих експертних уявлень офіцерів з

організації аерокосмічної розвідки. Метою даної статті є обґрунтування концепції такого розподілу на основі злиття геопросторових даних.

Для забезпечення оптимізації чи раціоналізації перш за все треба визначити кількісний показник, за яким можна порівнювати просторові ділянки місцевості [6]. Ми пропонуємо таким показником вважати геопросторовий розподіл достовірності виявлення об'єктів в смузі ведення аерокосмічної розвідки. Якщо просторова ділянка покривається полем огляду  $j$ -ої видової системи аерокосмічної розвідки, то зазначену достовірність для об'єкта  $i$ -го класу  $P_{ij}$  в межах зони огляду  $B_j$  може бути визначено за допомогою удосконаленої формули Живичина [7]:

$$P_{ij} = \exp \left[ \frac{\ln \alpha}{\lg \frac{1+K_i}{1-K_i}} \cdot \left( \frac{r_j}{d_i} \right)^2 \right], \quad (1)$$

де  $d_i$  – характерна детальність, яка є унікальною для кожного класу об'єктів спостереження та рівня класифікації [8],  $r_j$  – просторова розрізненість на місцевості, що забезпечується видовою системою,  $K_i$  – оптичний контраст об'єкта,  $\alpha$  – забезпечуваний рівень значущості.

Оскільки в операціях збройних сил аерокосмічна розвідка ведеться по багатьох класах об'єктів, то звідси витікає необхідність багат шарового ( $n$ -вимірного) подання розподілу достовірності для  $n$  різних класів об'єктів  $P_i, i = 1 \dots n$ . Навпроти, для  $m$  різних типів систем аерокосмічної розвідки має застосовуватися злиття даних [9]:

$$P_i = \&_{j=1}^m P_{ij}, \quad (2)$$

де  $\&$  – математичний оператор злиття достовірностей.

Відомо декілька математичних моделей злиття з різними формами операторів, наприклад, Байєсівська [10], нечітко-логічна [11], Демпстера-Шефера [12]. В результаті застосування будь-якої з них за (2) одержується багатовимірна гіперповерхня просторового розподілу достовірності  $n$  класів об'єктів, яку можна візуалізувати засобами ГІС (див., наприклад рис. 1) та використовувати для подальшого геопросторового моделювання.

Очевидно, що для досягнення максимального ефекту – прирощення достовірності  $\Delta P_i^{(q)} = P_i^{(q)} - P_i^{(q-1)}$  при кожному черговому  $q$ -му застосуванні наявних засобів аерокосмічної розвідки треба розв'язати оптимізаційну задачу виду

$$\Delta P_i^{(q)} \rightarrow \max, \quad \forall i = 1 \dots n, \quad (3)$$

шляхом просторового перерозподілу їх смуг огляду з урахуванням існуючих обмежень маневрування. В такій постановці (3) є задачею лінійного програмування і вона може бути розв'язана будь-яким з відомих методів, наприклад, симплекс-методом [13].

Виходячи з припущення про незалежність різних засобів аерокосмічної розвідки, а також враховуючи, як правило, більш широкі смуги огляду та більш високу оперативність видових систем гіршої просторової розрізненості [14], раціональним буде створення пірамідальної ієрархії аерокосмічного знімання за просторовою розрізненістю та періодичністю: швидко організується знімання повної смуги проведення операції видовими системами низької та середньої розрізненості, далі виконується оптимальний за (3) просторовий розподіл наявних систем високої та надвисокої розрізненості.

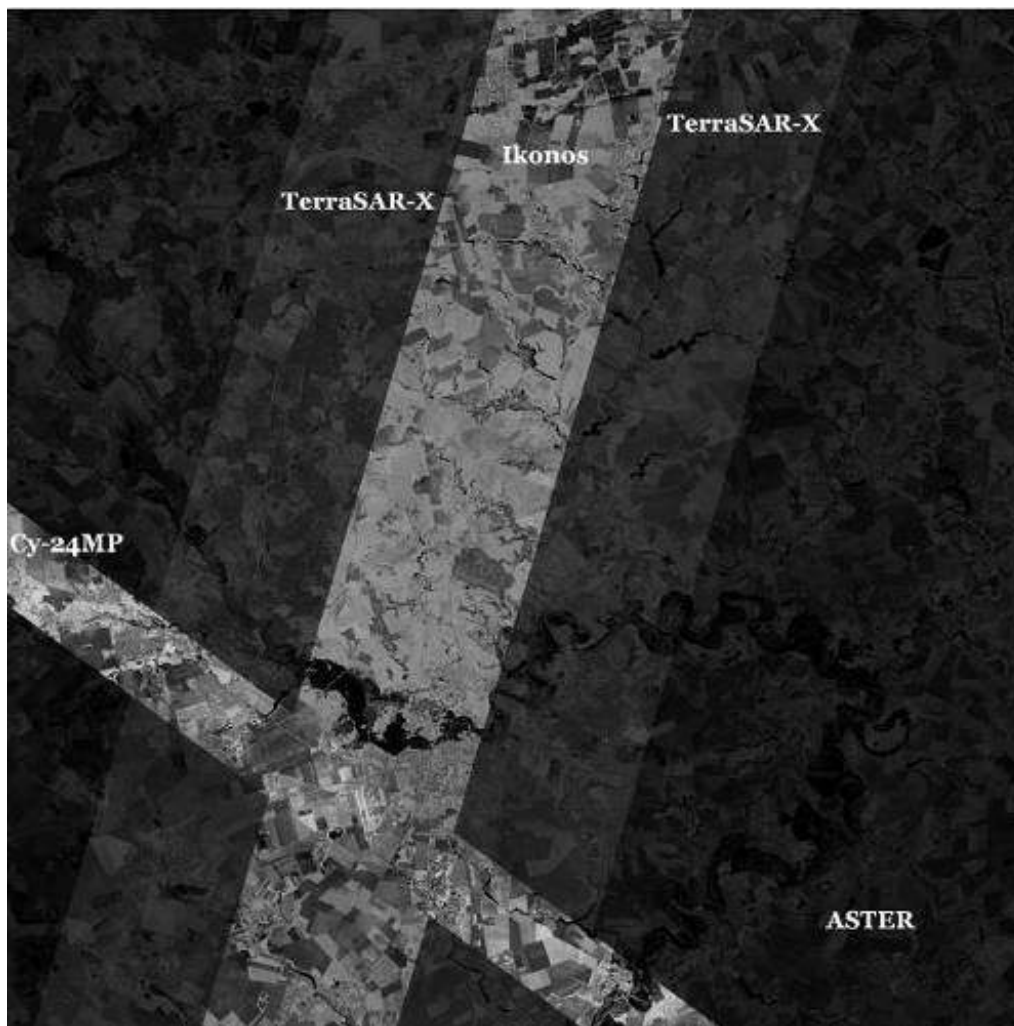


Рис.1. Геопросторовий розподіл достовірності виявлення одного класу

Інтенсивність затінення території обернена до достовірності виявлення аеродрому (характерна детальність 0,3 м) різними видовими аерокосмічними системами: EOS/ASTER (сенсор VNIR, просторова розрізненість 15 м, смуга огляду 60 км), TerraSAR-X (смуговий режим, просторова розрізненість 3 м, смуга огляду 30 км), Ikonos/SCT (панхроматичний режим, просторова розрізненість 0,81 м, смуга огляду 11 км), Су-24MP (апаратура АП-402, просторова розрізненість 0,22 м, смуга огляду 4,8 км)

Ще однією важливою проблемою при плануванні аерокосмічної розвідки є врахування апріорно відомих або здобутих на попередніх етапах розвідувальних даних. Перш за все йдеться про динаміку об'єктів розвідки. Динамічні властивості об'єктів розвідки розділяються на часові – пов'язані зі зміною стану і функціонуванням об'єкта, та просторові – пов'язані зі зміною місцеположення рухомих об'єктів. Перші визначають просто директивні періоди повторного спостереження об'єктів різних класів, другі – можливий район розташування об'єкта [15]. Звідси витікає можливість формалізації планування видової аерокосмічної розвідки для вирівнювання достовірності за простором з урахуванням тактичних властивостей місцевості та поточної оперативної та об'єктової обстановки [16].

Таким чином, запропонована концепція злиття геопросторових даних дозволить формалізувати, візуалізувати, оптимізувати та автоматизувати планування видової аерокосмічної розвідки. На основі цієї концепції можливо розробити необхідні алгоритми та створити відповідний програмно-моделюючий модуль для включення до складу підсистеми аерокосмічної розвідки об'єднаної оперативної ГІС збройних сил.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Козелков С.В., Пашков Д.П. Перспективи використання систем дистанційного зондування Землі для вирішення завдань військового призначення // Системи озброєння і військова техніка, 2008. - № 4 (16). – С. 133-138.
2. Мосов С.П. Аэрокосмическая разведка в современных военных конфликтах. – Киев: Румб, 2008. – 248 с.
3. Биденко С.И., Самотонин Д.Н., Яшин А.И. Геоинформационные модели и методы поддержки управления. – СПб.: Военный университет ПВО, 2004. – 348 с.
4. Корж М.М., Беленков В.В. Основные направления применения геоинформационных технологий в военном деле // Информационные технологии и компьютерная инженерия, 2006. – № 3 (7). – С. 37-45.
5. Ребрин Ю.К., Станкевич С.А., Мосов С.П. Методы количественной оценки эффективности средств аэрокосмической разведки. – Киев: КИ ВВС, 1997. – 262 с.
6. Мосов С.П., Станкевич С.А., Гунько Ю.И., Арбузов П.А. Об унификации требований к результатам дешифрирования данных воздушной разведки // Информационные технологии в дешифрировании изображений: Методология, модели, алгоритмы. – Киев: МО Украины, 1993. – С. 37-40.
7. Станкевич С.А. Уточнення відомої емпіричної формули оцінки імовірності правильного дешифрування об'єктів на аерокосмічному зображенні // Збірник наукових праць Наукового центру ВПС України. – Вип.7. – Київ: НЦ ВПС, 2004. – С. 242-246.
8. Leachtenauer J.C. Resolution Requirements and the Johnson Criteria Revisited // Proceedings of SPIE, 2003. – Vol.5076. – No.8. – P. 1-15.

9. Klein L.A. Sensor and Data Fusion: A Tool for Information Assessment and Decision Making.- Bellingham: SPIE Press, 2004. – 342 p.
10. Зуев С.А., Гасанов А.С. Об одном подходе к анализу и синтезу обнаружителей реального времени – многоуровневых схемах принятия решения // Математичні машини і системи, 2004. – № 3. – С. 57-74.
11. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьева Г.В., Слядзь Н.Н., Глушков В.И. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений. – М.: Радио и связь, 1989. – 306 с.
12. Beynon M., Curry B., Morgan P. The Dempster-Shafer Theory of Evidence: An Alternative Approach to Multicriteria Decision Modelling // Omega, 2000. – Vol.28. – P. 37-50.
13. Гасс С. Линейное программирование. Методы и приложения / Пер. с англ.- М.: Физматгиз, 1961. – 304 с.
14. Кононов В.И., Станкевич С.А. Сравнительная оценка информативности цифровых аэрокосмических изображений высокого и низкого разрешения // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, 2004. – Т.17 (56). – № 2. – С. 88-95.
15. Станкевич С.А., Билецкий И.Г. Определение района возможного местонахождения подвижного объекта воздушной разведки // Сборник статей военно-научной конференции института. – Киев: КИ ВВС, 1994. – С. 75-78.
16. Попов М.А., Гунько Ю.И., Зимин Ю.М., Мосов С.П., Станкевич С.А. Способ тематического дешифрирования изображений и устройство для его осуществления / Патент Российской Федерации на изобретение № 2075780, 1997. – 22 с.

*Надійшла до редакції 30.10.2009*