

УДК 621.3

М.О. Попов¹, Ю.І. Гунько², В.В. Пилипчук², М.В. Топольницький²,
І.А. Кухарський³, В.О. Подліпасв³¹Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі НАН України, Київ²Воєнно-дипломатична академія, Київ³Військова частина А0515, Київ

ОБРОБЛЕННЯ І АНАЛІЗ КОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ В УМОВАХ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОСТІ

Розглядаються особливості оброблення і аналізу багатоспектральних та гіперспектральних космічних знімків в умовах багатокритеріальності. Пропонуються алгоритмічні рішення щодо підвищення просторової якості зображень та їх попереднього автоматичного аналізу з метою зменшення навантаження на дешифрувальника.

Ключові слова: видова космічна розвідка, багатоспектральний (гіперспектральний) космічний знімок, аналіз зображення, якість зображення.

Вступ

У переліку найбільш об'єктивних і надійних джерел розвідувальної інформації одне з перших місць посідає видова космічна розвідка (ВКР). Сучасні оптико-електронні засоби космічного базування [1, 2] дозволяють формувати багатоспектральні та гіперспектральні зображення земної поверхні, сигнали яких містять в собі надзвичайно великий об'єм інформації про розташовані на ній об'єкти. Але одержання (витягання) необхідної інформації про об'єкти і процеси, зокрема про об'єкти спостереження і розвідки, зі сигналів космічного зображення потребує складних засобів комп'ютерного оброблення і спеціальних методів інтерактивного аналізу. Вибір подібних засобів і методів здійснюється виходячи з критеріїв, що застосовуються при оцінюванні процесів функціонування системи ВКР і якості інформаційних продуктів цієї системи.

Оскільки система ВКР – це складна інформаційно-організаційна система, то оцінювання її ефективності важко провести за одним показником; для цього потрібний набір з багатьох критеріїв [2, 3].

У статті розглядаються особливості оброблення і аналізу космічних зображень в умовах багатокритеріальності, пропонуються алгоритмічні рішення та оцінюється їх ефективність.

Проблема і постановка задачі. Серед критеріїв, за якими проводиться оцінювання ВКР, найбільш важливими звичайно вважаються:

- достовірність і повнота виявлення об'єктів розвідки;
- точність визначення місцеположення (просторових координат) об'єктів;
- мінімальний (або зумовлений) час виконання розвідувального завдання.

У задоволенні цих та інших критеріальних вимог до ефективності функціонування ВКР та якості

створюваних інформаційних продуктів значну роль грає людський фактор. Зокрема, в [4] досліджено, що в процесі візуального пошуку та аналізу об'єктів у людини вже на другій годині роботи починає проявлятися фактор зорового стомлення і, як наслідок, зростає кількість помилок. Виходячи з цього, вважається, що тривалість періоду роботи дешифрувальника не повинна перевищувати 4-ох годин [5]. Тому звичайно висувається ще одна вимога до планування та організації процесу аналізу космічних зображень – це мінімізація обсягів та тривалості інтелектуального навантаження на дешифрувальників.

Коли ставиться завдання провести аналіз багатоспектральних або гіперспектральних космічних знімків (далі – Б(Г)КЗ) з максимальною достовірністю і повнотою виявлення та розпізнавання об'єктів спостереження і розвідки в умовах обмеженого часу, то однією з найбільш простих є схема організації оброблення зображення, яка представлена на рис. 1.

Схема включає низку процедур. Спочатку проводиться оцінювання якості знімку, для чого застосовується один з відомих кількісних критеріїв, наприклад, оснований на просторово-частотному аналізі [6]. У випадку, коли якість вхідного зображення визнається недостатньою, проводиться покращення його просторових або/та радіометричних властивостей.

В умовах браку часу паралельно з процедурою оцінювання якості знімку (для пришвидшення роботи) проводиться оброблення вхідного зображення, метою якого є виділення на зображенні ділянок так званих аномалій. В якості аномальної ділянки розглядається група компактно розташованих пікселів, властивості яких подібні, але мають помітну відмінність від властивостей більшості інших пікселів зображення.

Хоча причин виникнення аномалій може бути багато, проте вважається, що саме в місцях

аномалій або навколо них слід, в першу чергу, очікувати можливість присутності об'єктів інтересу. Методом маскування такі аномальні ділянки помічаються (активуються) на зображенні і пропонуються для подальшого детального аналізу та дешифрування.

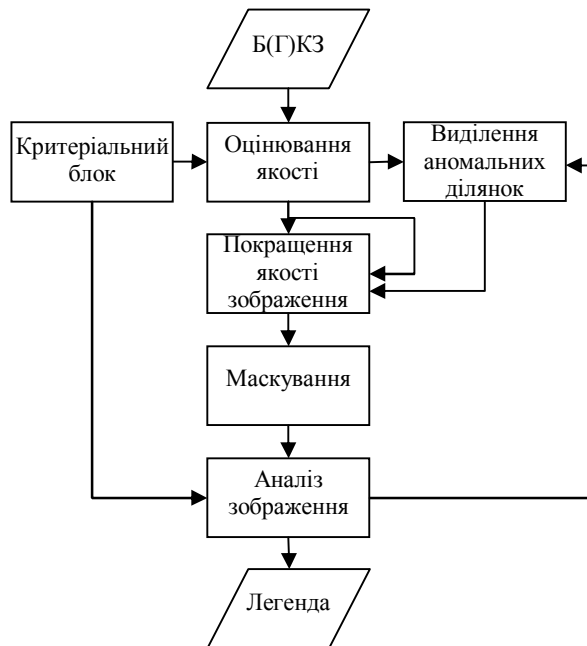


Рис. 1. Схема оброблення та аналізу багатоспектрального (гіперспектрального) космічного знімку

Зазначимо, що при наявності ресурсу часу виділення ділянок аномалій може здійснюватися вже по покращеному зображенню.

Оскільки аномалії обіймають лише незначну частину зображення, то наведена схема організації оброблення дозволяє суттєво скоротити час пошуку і виявлення об'єктів розвідки при інтерактивному візуальному аналізі Б(Г)КЗ.

Інтерактивність аналізу означає, що при наявності невизначеностей, які ускладнюють прийняття відповідних рішень і заважають складанню достовірної легенди, дешифрувальник має можливість втручатися в процеси перетворення зображення і виділення на ньому аномальних ділянок (включаючи управління їх розмірами).

Необхідно зазначити, що ефективність розглянутої схеми в умовах обмеженого часу залежить від сумарної обчислювальної складності процедур, що входять до неї. Найбільш складними з цієї точки зору є процедури перетворення (покращення якості) зображення і виділення областей інтересу. Тому актуальною задачею є залучення та дослідження алгоритмів, які здатні максимально просто і ефективно вирішувати зазначені вище задачі.

У даній роботі ставиться завдання на розробку ефективно-обчислювальних алгоритмів, які задовольняють вказаним вимогам.

Алгоритм покращення якості зображень

Для покращення якості Б(Г)КЗ пропонується алгоритм, оснований на застосуванні білатерального фільтра. Білатеральний фільтр, вперше описаний в [7], надає можливість, на відміну від більшості відомих фільтрів, покращувати одночасно як просторову, так й радіометричну якість зображення. Блок-схема запропонованого алгоритму представлена на рис. 2.

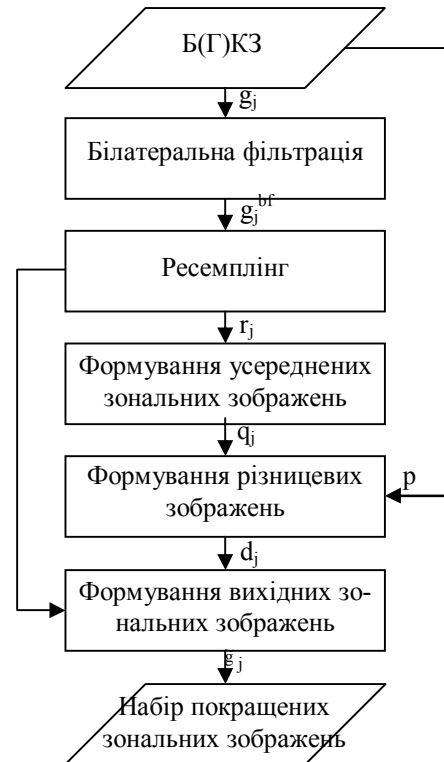


Рис. 2. Блок-схема алгоритму покращення якості зональних зображень

Вважаємо, що цифровий Б(Г)КЗ має у своєму складі панхроматичне зображення і N зональних зображень, що може бути записано як

$$Б(Г)КЗ = \{p, g_i; i = 1, 2, \dots, N\},$$

де g_i – зональне зображення, отримане в i -му спектральному каналі. При цьому передбачається, що розмір панхроматичного зображення складає $L \times M$ пікселів; а розмір будь-якого зонального зображення складає $X \times Y$, де $X = (L/n)$; $Y = (M/m)$; m, n – цілі числа, причому L кратне n , а M кратне m .

Оброблення зображень здійснюється за алгоритмом послідовно у 5 етапів.

Етап 1. Кожне із зональних зображень зі складу Б(Г)КЗ обробляється білатеральним фільтром. Білатеральний фільтр застосовується на множині пікселів у квадратному вікні розміром T і працює таким чином, що заміщує значення центрального пікселя вікна новим значенням, яке розраховується за виразом

$$g^{bf}(x, y) = \frac{1}{C} \cdot \sum_{a=1}^T \sum_{b=1}^T g(x-a, y-b) \cdot s(a, b) \cdot r(a, b) \quad (1)$$

де $g(\cdot, \cdot)$, $g^{bf}(\cdot, \cdot)$ – значення яскравості піксела у вікні відповідно до та після застосування білатерального фільтра; a, b – поточні координати піксела всередині вікна T ; C – константа нормалізації для попередження збільшення яскравості.

Права частина виразу (1) містить два ядра:

$$s(a, b) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{|a-b|}{\delta_s} \right)^2}; \quad (2)$$

$$r(a, b) = e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{|g(x-a, y-b) - g(x, y)|}{\delta_r} \right)^2} \quad (3)$$

перше з яких є ядром просторової корекції, а друге – ядром радіометричної корекції. Ядро (2) визначає просторовий зв'язок між центральним пікселом та його сусідами у вікні, а ядро (3) визначає радіометричну подібність (зв'язок) між пікселами вікна; σ_s, σ_r – середньоквадратичні відхилення для цих зв'язків.

Етап 2. Кожне зональне зображення приводиться шляхом ресемплінгу [6] до розміру панхроматичного зображення, й таким чином отримується сукупність фільтрованих зональних зображень $\{r_j; j=1, 2, \dots, N\}$.

Етап 3. Формують N усереднених зональних зображень. Будь-яке j -те ($j=1, 2, \dots, N$) усереднене зональне зображення q_j формується за правилом:

$$q_j = \frac{1}{N^* - 1} \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq j}}^{N^*} r_k. \quad (4)$$

Етап 4. Формують кожне j -те ($j=1, 2, \dots, N$) різницеве зображення d_j як різницю між панхроматичним та відповідним j -им усередненим зображеннями:

$$d_j = p - q_j. \quad (5)$$

Етап 5. Вихідні зональні зображення отримують як

$$\tilde{g}_j = g_j^{bf} - d_j. \quad (6)$$

Кожне зональне зображення \tilde{g}_j , отримане за виразом (6), характеризується підвищеною якістю, що підтверджують експериментальні результати, деякі з котрих наведені нижче.

Алгоритм автоматичного виділення аномальних ділянок

Існуючі методи виділення аномалій на Б(Г)КЗ можна поділити на дві групи. Методи першої групи ґрунтовані на статистичному аналізі амплітуд пікселів зображення, рішення по кожному пікселу приймається

в залежності від розподілу величин його яскравості в спектральних каналах, але незалежно від властивостей інших пікселів [8]. Методи другої групи базуються на амплітудно-просторовому аналізі зображення, коли рішення по пікселу приймається з урахуванням розподілу величин яскравості суміжних пікселів [9]. Порівняльний аналіз показує, що спільне урахування як амплітудних, так й просторових властивостей дає кращі результати [6, 9], тобто методи другої групи є більш ефективними. Наприклад, метод амплітудно-просторового аналізу був успішно використаний в [10] при моделюванні зорового сприйняття сцени людиною з метою вивчення принципів виділення людиною так званих “карт уваги”.

Базуючись на моделі [10], розглянемо, як можна автоматично виділяти області інтересу на зображенні Б(Г)КЗ. Для цього введемо поняття піраміди Гауса. Пірамідою Гауса для зображення $f(x, y)$ загальним розміром $M \times N$ пікселів називають [11] рекурсивну впорядковану множину зображень F , в якій кожний елемент зображення $(n-1)$ -го рівня є матриця розміром 2×2 елементів зображення n -го рівня:

$$F(x, y) = \{f_0(x, y), f_1(x, y), \dots, f_n(x, y)\},$$

де $f_0(x, y) = f(x, y)$ – вихідне зображення; n – кількість рівнів піраміди; $f_n(x, y)$ – зображення n -го рівня піраміди; x, y – координати піксела.

Побудова зображення кожного рівня піраміди проводиться шляхом згортки зображення попереднього рівня з ядром гаусової функції $g(x, y, \sigma)$:

$$F_n(x, y, \sigma) = g(x, y, \sigma) * f_{n-1}(x, y),$$

де σ – масштаб зображення.

При побудові кожного чергового рівня піраміди елементи зображення $F_n(x, y, \sigma)$ формуються шляхом усереднення елементів піраміди попереднього рівня у вигляді:

$$f_n(x, y) = \frac{1}{4} (f_{n-1}(k, l), f_{n-1}(k+1, l), \\ f_{n-1}(k, l+1), \\ f_{n-1}(k+1, l+1))$$

Нехай ми маємо цифровий космічний знімок, у складі якого є три зональні зображення, одне з яких сформовано в червоній (зображення r), друге – в зеленій (зображення g) і третє – у синій (зображення b) зонах спектру. Тоді може бути запропоновано наступний алгоритм для реалізації процедури виділення областей інтересу. Алгоритм складається з 8-ми етапів.

Етап 1. Здійснюється оброблення зональних зображень за ознакою “колір”.

Три вхідні зображення нормалізуються за формулами:

$$R = r - \frac{(g+b)}{2}; \quad (7)$$

$$G = g - \frac{(r+b)}{2}; \quad (8)$$

$$B = b - \frac{(r+g)}{2}. \quad (9)$$

Крім того, формується додаткове зображення як

$$Y = \frac{(r+g)}{2} - \frac{|r-g|}{2} - b. \quad (10)$$

Етап 2. Для кожного з зображень (7) – (10) утворюються піраміди Гауса $R(m), G(m), B(m), Y(m)$ для масштабів $\sigma = [1...8]$, де цифра 1 відповідає масштабу 1:1, а цифра 8 – масштабу 1:256.

Етап 3. Розраховуються кросмасштабні різниці для нормалізованих зональних зображень і будуються кольорорізнісні зображення $RG(c,s), BY(c,s)$ для шести пар масштабів (c,s) :

$$RG(c,s) = |(R(c) - G(c)) \Theta (G(s) - R(s))|; \quad (11)$$

$$RY(c,s) = |(B(c) - Y(c)) \Theta (Y(s) - B(s))|,$$

де Θ – оператор кросмасштабної різниці.

Операція кросмасштабної різниці виконується через обчислення різниці між значенням центрального пікселя для зображення з меншим масштабом (c) та усередненим значенням пікселів для зображення з більшим масштабом (s) . Для обчислення кросмасштабної різниці шість пар масштабів визначаються за правилом:

$$s = c + \sigma, \quad c \in \{2,3,4\}, \sigma \in \{3,4\}.$$

В результаті обчислень отримуються 12 зображень, які далі нормалізуються.

Етап 4. Здійснюється оброблення зображень за ознакою “яскравість”. Для цього спочатку на базі зональних зображень r, g, b формується зображення I за формулою:

$$I = \frac{1}{3} \cdot (r + g + b). \quad (12)$$

Далі для цього зображення будується піраміда Гауса і обчислюються кросмасштабної різниці для (аналогічно попередньому). Шість кросмасштабних зображень $I(c,s)$ розраховують за формулою:

$$I(c,s) = |I(c) \Theta I(s)|. \quad (13)$$

Етап 5. Здійснюється оброблення зональних зображень за ознакою “напрямя”. Формуються зображення для чотирьох просторових напрямів (орієнтацій): $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ – в масштабах зображень піраміди Гауса (всього буде 24 таких зображення). Для кожного просторового напрямку обробляються зображення за допомогою перетворення Габора $h(x,y)$ [12]. Для зображень отриманих пірамід за визначеними напрямками обчислюються кросмасштабні різниці.

Етап 6. Отримані в результаті оброблення 42 зображення (12 – за кольором, 6 – за яскравістю, 24 – за напрямом) нормалізуються у такому порядку:

- визначаються глобальний M та локальні m_i максимуми сигналів зображення;
- обчислюється середнє значення локальних максимумів

$$\bar{m} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k m_i; \quad (14)$$

- зменшуються максимуми зображення на величину ξ

$$\xi = (M - \bar{m})^2. \quad (15)$$

Нижче проведення такої процедури будемо позначати оператором Φ .

Етап 7. Результуючі зображення (за кожною з ознак) по-піксельно підсумовуються за формулами:

$$\bar{C} = \sum_{c=2}^3 \sum_{s=c+3}^{c+4} [\Phi(RG(c,s)) + \Phi(BY(c,s))]; \quad (16)$$

$$\bar{I} = \sum_{c=2}^3 \sum_{s=c+3}^{c+4} (\Phi(c,s)); \quad (17)$$

$$\bar{O} = \sum_{\theta \in \{0, 45, 90, 135\}} \Phi \left(\sum_{c=2}^4 \sum_{s=c+3}^{c+4} \Phi(O(c,s,\theta)) \right). \quad (18)$$

Етап 8. Суміщення зображень (16-18) у вигляді

$$S = \frac{1}{3} (\bar{I} + \bar{C} + \bar{O}) \quad (19)$$

дає підсумкове зображення (19) з виділеними областями інтересу. Наявність такого зображення дає дешифрувальнику можливість більш правильно і економно розподілити свої зусилля при аналізі Б(Г)КЗ.

Експериментальні результати

Дослідження запропонованих алгоритмів покращення якості Б(Г)КЗ і виділення областей інтересу було проведено на базі реальних багатоспектральних космічних зображень.

Ефективність алгоритму покращення якості зображень була перевірена в експериментах з багатоспектральним знімком, отриманим з супутника WorldView-2. Даний знімок має у своєму складі одне панхроматичне і 8 зональних зображень. Спочатку була оцінена якість оригінальних зональних зображень WorldView-2, а потім ці зображення були оброблені за запропонованим алгоритмом і (для порівняння) за алгоритмом [13]. Якість оброблених за кожним алгоритмом оцінювалась окремо. Для оцінювання якості зображень у кожному разі застосовувався універсальний індекс якості зображення UIQI [14].

Результати оцінювання наведено у табл. 1. Їхній аналіз показує, що запропонований алгоритм має перевагу перед алгоритмом [13] і дозволяє отримати зональні зображення більш високої якості. Виграш для даного конкретного знімку склав від 3 до 9% (в залежності від номера спектрального каналу).

Таблиця 1

Результати оцінювання якості зональних зображень

Номер каналу	Значення індексу UIQI для оригінального зонального зображення	Значення індексу UIQI для зонального зображення, обробленого за запропонованим алгоритмом [13]	Значення індексу UIQI для зонального зображення, обробленого за запропонованим алгоритмом
1	0,77	0,80	0,85
2	0,80	0,82	0,87
3	0,88	0,89	0,91
4	0,78	0,86	0,89
5	0,85	0,86	0,89
6	0,91	0,90	0,90
7	0,76	0,80	0,82
8	0,76	0,80	0,81

Важливе значення матиме також візуальна оцінка. На рис. 3 показані два псевдокольорових зображення, одне з котрих (а) сформовано з оригінальних зональних зображень, отриманих з супутника СІЧ-2, а друге (б) – з тих же самих зональних зображень, але вони були оброблені за запропонованим алгоритмом. Наочно видно, що на зображенні, сформованому з оброблених зональних зображень, чіткіше відтворюються дрібні деталі об'єктів.

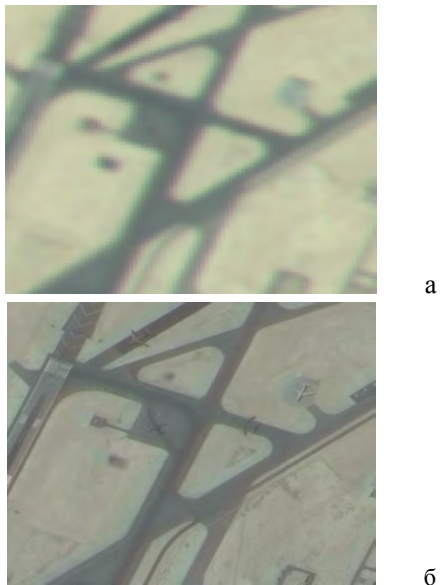
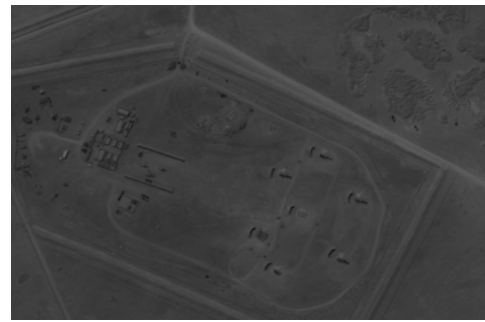


Рис. 3. Псевдокольорові зображення:
а – сформовано з оригінальних зональних зображень;
б – сформовано з зональних зображень, оброблених за запропонованим алгоритмом

Для підтвердження працездатності алгоритму автоматичного виділення областей інтересу був використаний цифровий багатоспектральний космічний знімок, отриманий від супутника СІЧ-2. Кожне зональне зображення із складу цього знімку було просторово покращено за запропонованим вище алгоритмом (рис. 4).



а



б



в

Рис. 4. Покращений багатоспектральний космічний знімок:

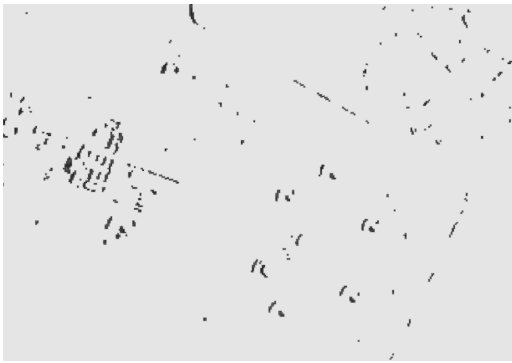
а – зональне зображення 1-го каналу;
б – зональне зображення 2-го каналу;
в – зональне зображення 3-го каналу.

Результат застосування запропонованого алгоритму, який наведено на рис. 5, свідчить, що алгоритм дає можливість виділяти в автоматичному режимі ділянки сцени, які мають підвищений інтерес при дешифруванні.

Висновки

У статті запропоновані нові алгоритмічні рішення для підвищення ефективності оброблення і аналізу багатоспектральних та гіперспектральних космічних зображень в умовах багатокритеріальності функціонування системи ВКР.

Розроблено алгоритм оброблення багатоспектральних і гіперспектральних космічних зображень, який дозволяє покращувати одночасно й радіометричну, й просторову якість зображень. Ефективність алгоритму підтверджена в експериментах з багатоспектральними знімками, отриманими з супутників WorldView-2 та СІЧ-2.



а – маска

б – зональне зображення 2-го каналу
з накладеною маскоюРис. 5. Результат оброблення зонального
зображення 2-го каналу алгоритмом
виділення аномальних ділянок

Розроблено і експериментально досліджено алгоритм автоматичного виділення областей інтересу на космічному зображенні, застосування якого дозволяє дешифрувальнику більш правильно і економічно розподіляти свої інтелектуальні зусилля при аналізі зображень.

Одним з напрямків подальших досліджень має бути розпаралелювання обчислювань при реалізації запропонованих в роботі алгоритмів.

Список літератури

1. Буритинська Х.В. Аерокосмічні знімальні системи / Х.В. Буритинська, С.А. Станкевич // Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2010. – 292 с.

2. Попов М.О. Возможности та перспективи космічних систем видової розвідки і спостереження в контексті національних інтересів / М.О. Попов, Є.І. Махонін, В.І. Присяжний // Наука і оборона, 2008. – №2. – С. 41-52.

3. Плет В. Стратегическая разведка: Основные принципы. Пер. с англ. // В. Плет. – М.: Изд. дом “Форум”, 1997. – 376 с.

4. Травникова Н.П. Эффективность визуального поиска / Н.П. Травникова. // М.: Машиностроение, 1985. – 128 с.

5. Рубахин В.Ф. Психологические основы обработки первичной информации / В.Ф. Рубахин. // М.: Наука, 1974. – 296 с.

6. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. // М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

7. Tomasi C. Bilateral filtering for gray and color images / C. Tomasi, R. Manduchi // Proc. 6th Int. Conf. on Computer Vision, New Delhi, India, 1998. – pp. 839-846.

8. Reed I.S. Adaptive multiple-band CFAR detection of an optical pattern with unknown spectral distribution / I.S. Reed, X. Yu // IEEE Transactions on Acoustics, Speech, Signal Processing, 1990. – Vol. 38. – No. 10 (October). – pp. 1760-1770.

9. Форсайт Д.А. Компьютерное зрение: Современный подход. / Д.А. Форсайт, Ж. Понс. // М.: Изд. дом “Вильямс”, 2004. – 928 с.

10. Itti L. A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis / L. Itti, C. Koch, E. Niebur // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, November 1998. – vol. 20. – No.11. – pp. 1254-1259.

11. Anderson C.H. Change detection and tracking using pyramid transform techniques / C.H. Anderson, P.J. Burt, G.S. van der Wal // In “Proceedings of SPIE Conference on Intelligent Robotics and Computer Vision”, 1985. – pp. 72-78.

12. Movellan J.R. Tutorial on Gabor Filters / J.R. Movellan // Cambridge: MIT Press, 2000. – 24 p.

13. Пат. 96725 Україна, МПК G 06 K 9/46, G 06 K 9/36. Спосіб комплексного підвищення якості цифрового багатоспектрального аерокосмічного знімка / М.О. Попов, Ю.І. Гунько, М.В. Топольницький, В.В. Пилипчук, С.Я. Жук, С.В. Вишневий; заявники та патентотримачи – М.О. Попов, Ю.І. Гунько, М.В. Топольницький, В.В. Пилипчук, С.Я. Жук, С.В. Вишневий – № а201107245; заявл. 08.06.2011; опубл. 25.11.2011, Бюл. №19.

14. Wang Z. A Universal Image Quality Index / Z. Wang, A.C. Bovik // IEEE Signal Processing Letters, 2002. – vol. 9. – No.3. – pp. 81-84.

Надійшла до редколегії 12.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук. співр. С.А. Станкевич, військова частина А 1906, Київ.

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ КОСМИЧЕСКИХ ЗОБРАЖЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ

М.А. Попов, Ю.И. Гунько, В.В. Пилипчук, М.В. Топольницький, И.А. Кухарский, В.А. Подлипаев

Рассматриваются особенности обработки и анализа многоспектральных и гиперспектральных космических снимков в условиях многокритериальности. Предлагаются алгоритмические решения для повышения пространственного качества изображений и предварительного их анализа с целью уменьшения нагрузки на дешифровщиков.

Ключевые слова: видовая космическая разведка, многоспектральный (гиперспектральный) космический снимок, анализ изображения, качество изображения.

PROCESSING AND ANALYSIS OF SPACE IMAGES IN CIRCUMSTANCES' OF MULTICRITERIONITY

М.А. Попов, Ю.И. Гунько, В.В. Пилипчук, М.В. Топольницький, И.А. Кухарский, В.А. Подлипаев

Abstract: Features of processing and analysis of multispectral and hyperspectral images in circumstances' of multicriterionity are considered. Algorithmic solutions for improving of spatial quality and preliminary analysis of images to decrease a load on an operator-interpretator are proposed.

Keywords: IMINT, multispectral (hyperspectral) satellite image, image analysis, image quality.