

УДК 621.39

В.С. Фустій<sup>1</sup>, Д.С. Гаврилов<sup>1</sup>, В.В. Хіменко<sup>2</sup>, Д.Е. Двухглавов<sup>3</sup><sup>1</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків<sup>2</sup> Черкаський державний технологічний університет, Черкаси<sup>3</sup> Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

## МОДЕЛЬ МАСКУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ В СИСТЕМІ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОФОТОЗНІМКІВ

*В роботі досліджено систему повітряної розвідки в зоні антитерористичної операції, визначено місце дешифрування в системі повітряної розвідки. Обґрунтовано, що існуючі можливості бортової апаратури передачі даних не забезпечують необхідного часу доставки оцифрованих зображень. Досліджено методи автоматизації процесу дешифрування аерофотознімку, розроблено модель маскування зображень та рекомендації щодо її інтеграції в систему збору, обробки, передачі і аналізу інформації повітряної розвідки.*

**Ключові слова:** аерофотознімок, дешифрування, фільтри зображень, повітряна розвідка.

### Вступ

#### Постановка проблеми у загальному вигляді.

Безпілотні літальні апарати (БПЛА) набули широкого застосування як в комерційній, так і у відомчій сферах життя. Без інформації, отриманої за допомогою повітряної розвідки, знижується ефективність виконання завдань, таких, як спостереження та реєстрація обстановки, наведення ракет на ціль і коригування вогню артилерії, фотографування місцевості та аеромоніторинг. БПЛА значно маневреніші, легші, менш помітні для засобів виявлення, а також набагато дешевші за літаки з пілотами. Отримання під час аерофотозйомки знімків є складовою процесу аеромоніторингу. Так як суцільне вивчення знімків значних територій вимагає величезних витрат часу, впровадження в системи обробки зображень засобів автоматизації а також розвиток теорії обробки зображень і виділення об'єктів на них відкриває великі можливості автоматизації процесу дешифрування аерофотознімків. Одним із ключових етапів в системі повітряної розвідки є етап дешифрування аерофотознімка, отриманого з борта БПЛА, оскільки від його успішності залежить вироблення рішення, а тому і ефективність всієї системи [1–4].

Завданням дешифрування є знаходження, правильне розпізнавання та класифікація об'єктів, визначення їх кількісних характеристик, взаємозв'язків, стану, характеру діяльності і документування отриманої інформації. Дешифрування аерознімків складається з наступних етапів [6–7]:

➤ виявлення – початковий етап дешифрування, його нижній рівень. Він заключається в пошуку на знімку ділянки, на якому найбільш вірогідне знаходження об'єктів місцевості. Формально тут вирішується задача визначення зображення до однієї з двох категорій: «сигнал – шум» чи «шум». Оператор – дешифрувальник в результаті виявлення відмічає для себе знімки з об'єктами;

➤ розпізнавання – другий етап дешифрування, полягає у визначенні "суті" зображених на знімку і

виявлених об'єктів. Розрізняють два підходи до розпізнавання: інтерпретаційний і формальний. Інтерпретаційний підхід вимагає визначити функціональне призначення об'єкта, його роль серед оточуючих об'єктів тощо. Іншими словами, в цьому випадку дається тлумачення фізичної і соціальної суті кожного об'єкта. Формальний підхід передбачає простий поділ об'єктів на класи, встановлені заздалегідь. Зрозуміло, що в ході попередньої класифікації дається тлумачення кожного з встановлених класів. Чіткий поділ у часі процесів виявлення і розпізнавання має місце в складних випадках дешифрування. У деяких випадках, і вони зустрічаються досить часто, ці два етапи дешифрування проходять практично одночасно. Розпізнавання – складний процес. Факти розпізнавання і нерозпізнавання об'єкта, зображеного на знімку, є випадковими подіями, оскільки цей процес навіть при вивченні об'єктів одного і того ж типу щоразу відбувається по-своєму. Це обумовлено як властивостями фотозображення, використовуваного для розпізнавання, так і особливостями самого етапу розпізнавання;

➤ визначення характеристик розпізнаних об'єктів – третій етап дешифрування, його вищий рівень. В ході даного етапу здійснюється аналіз та узагальнення кількісних і якісних характеристик об'єкта з метою встановлення його стану, значимості і можливостей в конкретній обстановці. Кількісні та якісні характеристики об'єктів місцевості визначаються шляхом вимірювання параметрів фотозображень: геометричних розмірів, паралаксів, щільності і так далі. В результаті оцінки вдається з'ясувати склад порід лісу, характер ґрунту, матеріал покриття доріг, лінійні розміри об'єктів, відстані між об'єктами. Всі три етапи: виявлення, розпізнавання і визначення характеристик об'єктів мають важливе значення для успішного дешифрування. Однак особливо важливий етап розпізнавання. Саме на етапі розпізнавання виходить початкова "смілова" інформація. На попередньому етапі – при виявленні – готується "ґрунт" для успіху розпізнавання, а згодом результати розпізна-

вання конкретизуються, доповнюються і наводяться в форму, зручну для використання. Проблемою дешифрування аерофотознімків є те, що на сьогоднішній час вона виконується неавтоматизовано, і дешифрування знімку з роздільною здатністю  $10000 \times 10000$  пікселів буде займати в середньому 2 години, в залежності від насиченості зображення об'єктами та кваліфікації дешифрувальника. Тому, актуальною науково-прикладною задачею є підвищення оперативності та достовірності обробки розвідувальних даних в кризових системах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведені дослідження показали, що розв'язання проблеми підвищення якості функціонування системи дешифрування аерофотознімків можливе за рахунок модернізації існуючого алгоритму обробки аерофотознімків на борту БПЛА додаванням блоку виділення контурів на зображенні [8–11], що дозволить виділити значущі з позиції дешифрування ділянки зображення, що дозволить в подальшому обробляти їх з позиції достовірної обробки і передавати їх в першу чергу, а інші ділянки обробляти з урахуванням корекції під особливості людського зору. Підвищення ефективності обробки та стиснення зображення на борту БПЛА дозволяє підвищити оперативність і достовірність обробки розвідувальної інформації без втрати роздільної здатності знімка та використовуючи наявні зараз канали передачі даних.

Проведений аналіз сучасного алгоритму обробки аерофотознімків на борту БПЛА показав, що він не задовольняє вимог щодо оперативності та достовірності обробки і передачі інформації для подальшого її дешифрування.

**Формулювання мети статті.** Для системи, яка розпізнає об'єкти на цифровому зображенні, найбільш корисною інформацією є відомості про контури зображення, тобто про лінії, що проходять на межах однорідних областей – таких областей, для яких різниця яскравості будь-яких двох елементів зображення (пікселів, групи пікселів) не перевищує певного порогу. Тому, по завершенні попередньої обробки зображення, така система в першу чергу має здійснювати пошук контурів зображення. Процес виділення контурів на зображенні складається з кількох етапів:

– фільтрація шумів зображення – видалення спотворень зображення, внесені із-за недосконалості апаратури фотографування;

– виділення контурів на зображенні – виокремлення ділянок зображення, що можуть розглядатися як контури;

– сегментація зображення – остаточне виділення значущих контурів з відсіюванням тих контурів, що не відповідають критеріям сегментації.

Отже, для підвищення оперативності та достовірності обробки розвідувальних даних в кризових системах пропонується вдосконалити етап сегментації.

## Виклад основного матеріалу

Найбільш розповсюдженим способом пошуку контурів є обробка зображення за допомогою ковзної маски (також званої фільтром, ядром, вікном або шаблоном), яка являє собою квадратну матрицю, що відповідає групі пікселів вихідного зображення [12].

Для маски  $3 \times 3$  елемента, показаної на рис. 2, результат (відгук)  $R$  лінійної фільтрації в точці  $(x, y)$  зображення складе:

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + w(1, 1)f(x + 1, y + 1),$$

де  $f(x, y)$  – значення елементів зображення  $F$  з координатами  $x, y$ , по рядках та стовпцях відповідно;

$w(i, j)$  – коефіцієнти фільтра.

Оперування такою матрицею в будь-яких локальних перетвореннях називається фільтрацією або маскуванням. Процес заснований на простому переміщенні маски фільтру від точки до точки зображення; в кожній точці  $(x, y)$  відгук фільтра обчислюється з використанням попередньо заданих зв'язків. Схема маскування (просторової фільтрації) представлена на рис. 2.

Інакше кажучи, при використанні подібної маски відгук  $u$  в кожній точці зображення задається виразом:

$$R = w_1 \cdot z_1 + w_2 \cdot z_2 + \dots + w_n \cdot z_n = \sum_{i=1}^n w_i \cdot z_i,$$

де  $z_i$  – значення яскравості пікселя, що відповідає коефіцієнту  $w_i$  маски.

Одним з важливих етапів обробки та аналізу зображень є сегментація, тобто поділ зображення на області, для яких виконується певний критерій однорідності, наприклад, виділення на зображенні областей приблизно однакової яскравості.

Один з основних і простих способів – це сегментація за допомогою порогу. Поріг – це ознака (властивість), яка допомагає розділити шуканий сигнал на класи. Операція порогового поділу, яка в результаті дає бінарне зображення, називається операцією бінаризації. Необхідність усунення великої кількості помилок процесу бінаризації спричинила появу великої кількості методів бінаризації, які діляться на дві групи за принципом побудови порогової поверхні:

- методи глобальної бінаризації;
- методи локальної бінаризації.

Пороговою поверхнею є матриця розмірністю  $M \times N$ , що відповідає розмірності вихідного зображення, кожна клітинка матриці задає поріг яскравості бінаризації для відповідного пікселя на вихідному зображенні. У методах глобальної бінаризації порогова поверхня є площиною з постійним значенням порогової яскравості, а в методах локальної бінаризації значення порогової яскравості змінюється від точки до точки зображення, та розраховується на

основі деяких локальних ознак в околиці пікселя чи групи пікселів [13–14].

З табл. 1 видно, що час бінаризації удосконаленим методом Бернса обернено пропорційний розміру блоків, на які поділено зображення.

Таблиця 1

Час виконання бінаризації методом Бернса та удосконаленого методу Бернса при різних значеннях розміру блоку

Розмір блоків, на які поділяється зображення	Час виконання алгоритму Бернса, с	Час виконання удосконаленого алгоритму Бернса, с
3×3	2,9742	0,3404
5×5		0,1289
7×7		0,0706

Запропонований в даній роботі метод є вдосконаленим методом Бернса. Оригінальний метод полягає у використанні звичайної квадратної апертури з непарним числом пікселів, що проходить в циклі по всім пікселям вихідного зображення. На кожному кроці знаходиться Min і Max для даної апертури. Знаходиться середнє значення  $P = (\text{Min} + \text{Max})/2$ . Якщо поточний піксель більше  $P$  – він стає білим (255), інакше – чорним (0). Метод Бернса має великий час виконання, тому для вдосконалення пропонується наступний алгоритм:

- зображення поділяється на блоки деякого розміру (задається опціонально);
- для кожного блоку визначається порогове значення  $P = (\text{Min} + \text{Max})/2$ ;

– порівняння значення пікселя відповідного блоку з пороговим значенням, що відповідає цьому блоку. Функціональна схема вдосконаленого алгоритму Бернса зображена на рис. 1.

При поділі аерофотознімків на блоки 3×3 бінаризації виконується в 8,73 рази швидше, а при використанні блоків 5×5 та 7×7 в 23,07 і 42,12 рази відповідно. Розроблену модель виділення дешифрувальних ознак пропонується інтегрувати в алгоритм обробки аерофотознімків на борту БПЛА (рис. 2).

## Висновки

Таким чином:

1) вдосконалено етап сегментації за рахунок модернізації методу Бернса, що дозволяє підвищити оперативність та достовірність обробки розвідувальних даних в кризових системах;

2) запропонована модель маскування видових зображень дозволяє підвищити ефективність обробки та стиснення зображення на борту БПЛА що, в свою чергу, підвищує оперативність і достовірність обробки розвідувальної інформації без втрати роздільної здатності знімка та використовуючи наявні зараз канали передачі даних.



Рис. 1. Функціональна схема алгоритму бінаризації

**Наукова новизна.** Запропонована модель маскування зображень в системі дешифрування аерофотознімків дозволяє виконувати бінаризацію за менший до сорока разів час, в порівнянні з методом Бернса. Наведено систему обробки аерофотознімків з інтегрованою моделлю виділення дешифрувальних ознак. Подальші дослідження будуть напрямлені на підвищення ефективності етапу виділення дешифрувальних ознак.

## Список літератури

1. Christophe E. Quality criteria benchmark for hiper-spectral imagery / E. Christophe, D. Lager, C. Mailhes // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – Sept 2005. – Vol. 43. – No 9. – P. 2103-2114.
2. The analysis of the use of technologies of error resilient coding at influence of an error in the codeword / V. Barannik, S.A. Podlesny, K. Yalivets, A. Bekirov // *13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET 2016; Lviv-Slavsko; Ukraine; 23-26 February 2016; Pp. 52-54.*
3. Barannik V.V. The model of avalanche-relating effect in the process of images reconstruction in the combined cryptosemantic systems on the polyadic presentation / V.V. Barannik V.V. Larin, S.A. Sidchenko // *Наукоемні технології*. – 2010. – № 1(5). – Pp. 66-70.
4. Barannik V. The method of increasing accessibility of the dynamic video information resource / V. Barannik, S.S. Shulgina // *13th International Conference on Modern*

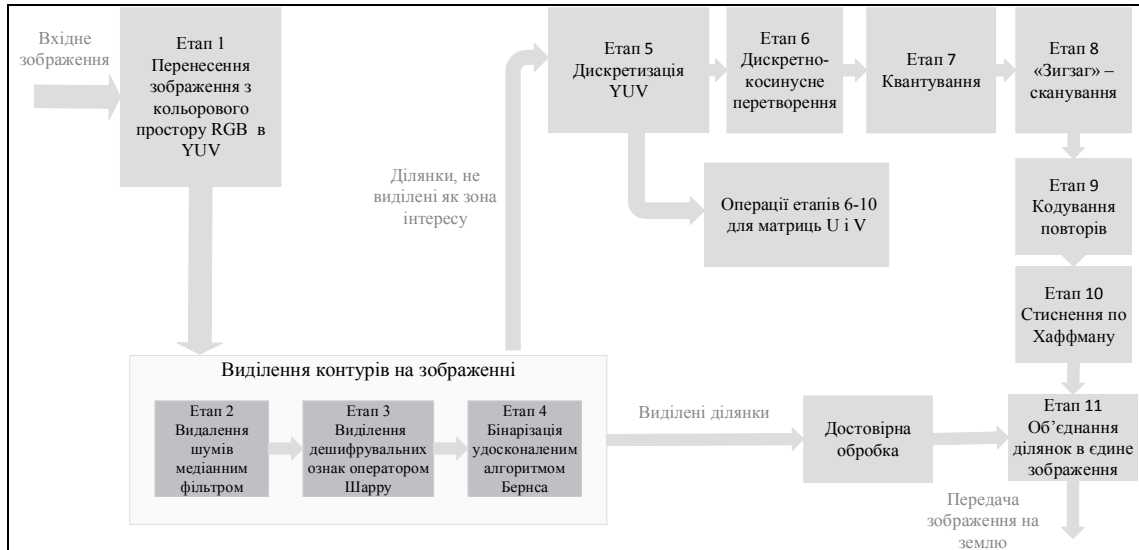


Рис. 2. Етапи обробки зображень на борту БПЛА з інтегрованою моделлю виділення дешифрувальних ознак

5. Barannik V. Model intelligent processing of aerial photographs with a dedicated key features interpretation / V. Barannik, A. Krasnorutskiy, Y.N. Ryabukha, D.E. Okladnoy // 13th International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, TCSET 2016; Lviv-Slavsko; Ukraine; 23-26 February 2016; Pp. 736-738.

6. Barannik V. The methods of intellectual processing of video frames to enhance their semantic integrity and efficiency of delivery in aeromonitor systems / V.V. Barannik, Yu.N. Ryabukha, A.V. Hahanova, A.P. Musienko // International Symposium «IEEE Design & Test», (Batumi, Georgia, September 26-29, 2015) / Batumi: 2015. – Pp. 379-382.

7. Barannik V. Synthesis of Combined Cryptocompressed Systems for Providing Safety Video Information in Infocommunications / Vladimir Barannik, Sergey Sidchenko, Ivan Tupitsya, Sergey Stasev // International Symposium «IEEE East-West Design & Test», (Batumi, Georgia, September 26-29, 2015) / Batumi, 2015. – Pp. 421-423.

8. Алімпієв А.М. Теоретичні основи створення технології протидії прихованим інформаційним атакам в сучасній гібридній війні/ А.М. Алімпієв, В.В. Баранник, Т.В. Белікова, С.О. Сідченко // Системи обробки інформації. – Харків, 2017. – № 4 (150). – С. 113-121.

9. Апальков И.В. Удаление шума из изображений на основе нелинейных алгоритмов с использованием ранговой статистики/ И.В. Апальков, В.В. Хрящев. – Ярославль: Ярославский государственный ун-ет, 2007. – 454 с.

10. Баранник В.В. Анализ методов обнаружения границ объектов на изображениях и их классификация / А.В. Власов, В.В. Баранник, А.В. Яковенко // Сучасна спеціальна техніка. – 2012. – Вип. 3 (30). – С. 17-27.

11. Баранник В.В. Кодирование трансформированных изображений в инфокоммуникационных системах / В.В. Баранник, В.П. Поляков. – Х.: ХУПС, 2010. – 212 с.

12. Баранник В.В. Методология совершенствования обработки видеоинформации, для повышения эффективности сервиса предоставления дистанционных видеослужб, при управлении в кризисных ситуациях/ В.В. Баранник, Ю.Н. Рябуха, А.А. Красноуцкій, В.Ж. Яценюк // АСУ и приборы автоматики. - №170. – 2015. – С. 12-20.

13. Баранник В.В. Селективный метод шифрування видеопотоку в телекомунікаційних системах на основі приховування базового I-кадру / В.В. Баранник, Д.І. Комолов, Ю.М. Рябуха // Наукоємні технології. – № 2. – 2015. – С. 14-23.

14. Гаврилов Д.С. Метод захисту низькочастотних складових в алгоритмі кодування JPEG./ В.В. Ларин, Д.С. Комолов, К.В. Ялівець, Д.С. Гаврилов // Системи обробки інформації. – 2015. - № 9 (134). – С. 121-123.

Поступила до редколегії 21.06.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.В. Баранник, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МОДЕЛЬ МАСКИРОВКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМЕ ДЕШИФРАЦИИ АЭРОФОТОСНИМКОВ

В.С. Фустий, Д.С. Гаврилов, В.В. Хименко, Д.Э. Двухглавов

В работе исследовано систему воздушной разведки в зоне антитеррористической операции, определено место дешифрования в системе воздушной разведки. Обосновано, что существующие возможности бортовой аппаратуры передачи данных не обеспечивают необходимого времени доставки цифровых изображений. Исследовано методы автоматизации процесса дешифрования аэрофотоснимка, разработано модель маскирования изображений и рекомендации её интеграции в систему сбора, обработки, передачи и анализа информации воздушной разведки.

**Ключевые слова:** аэрофотоснимок, дешифрование, фильтры изображений, воздушная разведка.

### A MODEL OF DISGUISE OF IMAGES IS IN SYSTEM OF DECODING OF AIRPHOTOS

V. Fustii, D. Havrylov, V. Himenko, D. Dvukhglavov

The system of air reconnaissance in the zone of the antiterrorist operation was investigated, and the place of deciphering in the air reconnaissance system was determined. It is justified that the existing capabilities of on-board data transmission equipment do not provide the necessary delivery time for digital images. The methods of automation of the process of aerial photo decoding are studied, a model for masking images and recommendations for its integration into the system for collecting, processing, transmitting and analyzing aerial reconnaissance information.

**Keywords:** aerial photography, decoding, image filters, aerial reconnaissance.