

І. А. Хижняк¹, Г. В. Худов¹, І. В. Рубан², О. М. Маковейчук², Ю. С. Соломоненко¹, В. Г. Худов²

¹ Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

² Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

МЕТОД ТЕМАТИЧНОГО СЕГМЕНТУВАННЯ КОЛЬОРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Предметом вивчення в статті є метод тематичного сегментування кольорового зображення бортової системи оптико-електронного спостереження. **Метою** є розробка методу тематичного сегментування, в основу якого покладений ройовий метод штучної бджолиної колонії. **Завдання:** аналіз властивостей метаевристичних методів оптимізації, аналіз основних операцій метаевристичних методів оптимізації, формулювання оптимізаційної задачі вибору порогу тематичного сегментування оптико-електронного зображення при використанні ройового методу штучної бджолиної колонії, розробка схеми методу тематичного сегментування оптико-електронних зображень бортових систем оптико-електронного спостереження, отримання гістограм розподілу яскравості по кожному каналу яскравості кольорового зображення, викладення сутності методу тематичного сегментування кольорового зображення бортової системи оптико-електронного спостереження, аналіз ітераційного процесу пошуку оптимальних порогів тематичного сегментування в кольорових каналах оптико-електронного зображення, визначення оптимального значення порогового рівня для кожного каналу яскравості, отримання результату тематичного сегментування вихідного оптико-електронного зображення, візуальна оцінка якості сегментованого зображення. Використовуваними **методами** є: методи теорії імовірності, математичної статистики, ройового інтелекту, кластеризації даних, еволюційних обчислень, методи оптимізації, математичного моделювання та цифрової обробки зображень. Отримані такі **результати**. Встановлено, що для тематичного сегментування зображення бортової системи оптико-електронного спостереження доцільно використання метаевристичних методів оптимізації. Встановлено, що метод тематичного сегментування кольорового зображення заснований на ройовому методі штучної бджолиної колонії, у якості цільової функції використовується сума дисперсії тематичних сегментів, а оптимізаційна задача полягає в мінімізації цільової функції. Встановлено, що оптимальне значення порогового рівня для кожного каналу яскравості відповідає мінімуму цільової функції для кожного каналу яскравості. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: підвищення візуальної якості сегментованого кольорового зображення, що в подальшому суттєво впливає на вирішення завдання дешифрування зображення.

Ключові слова: бортова систем спостереження, оптико-електронне зображення, тематичне сегментування, ройові методи, штучна бджолина колонія, цільова функція, поріг сегментування, ітераційний процес, оптимізація.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відмінною рисою дешифрування зображення бортової системи оптико-електронного спостереження, взагалі, та його тематичного сегментування, зокрема, є пошук раціональних рішень в багатомірному просторі альтернатив [1]–[2]. Особливостями пошуку раціональних рішень в багатомірному просторі альтернатив є нелінійність, недиференційованість, багатоекстремальність, овражність, відсутність аналітичного виразу цільових функцій, висока обчислювальна складність, висока розмірність простору пошуку та складна топологія області допустимих значень. Знаходження рішення точними методами оптимізації ускладнюється нелінійністю, недиференційованістю та відсутністю аналітичного виразу цільової функції. Висока обчислювальна складність, висока розмірність простору пошуку та складна топологія області допустимих значень приводять до значних витрат часу при використанні точних методів оптимізації.

Показники якості дешифрування та тематичного сегментування оптико-електронного зображення, як правило, описуються нелінійними залежностями та оцінюються за допомогою складних моделюючих методів, що зумовлює високу трудомісткість обчислень при вирішенні оптимізаційної задачі [1]–[2]. В таких умовах застосування класичних методів пошуку екстремуму цільової функції стає малоефекти-

вним. У теперішній час розвиваються методи пошуку глобального екстремуму, що забезпечують збіжність до точного рішення оптимізаційної задачі, що забезпечує оптимальне (мінімальне або максимальне) значення цільової функції [3]–[6]. До таких методів відносяться метаевристичні методи оптимізації, які, на відміну від класичних методів оптимізації, можуть використовуватися в умовах повної відсутності інформації щодо характеру та властивостей цільової функції [3]–[6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В загальному випадку оптимізаційна задача Θ :

$$\Theta = (O, f) - \quad (1)$$

це задача, в якій задана кінцева кількість об'єктів O та цільова функція $f: O \rightarrow \mathbb{R}^+$, що визначає позитивне значення вартості для кожного з об'єктів $o \in O$ [7]–[8]. Мета оптимізації полягає в знаходженні об'єкту з мінімальним значенням вартості. Об'єктами, як правило, є цілі числа, підмножини множин елементів, перестановки множин елементів або графові структури [7]–[8]. Більшість оптимізаційних задач, до яких належить задача тематичного сегментування оптико-електронного зображення, відносяться до NP-складних задач та точне рішення їх потребує побудови дерева пошуку рішень експоненціального розміру [8]. Для вирішення указаних задач, в тому числі і задачі тематичного сегментування оптико-електронного зображення, доцільно

використання метаевристичних методів. Перевагами метаевристичних методів оптимізації є спроможність вирішення складних задач без знання простору пошуку [8]. Метаевристичні методи реалізують прямий випадковий пошук можливих рішень задачі, що є оптимальними або близькими до оптимальних, доки не буде виконана деяка умова або досягнута задана кількість ітерацій [8].

Процедура, що знаходить допустиме рішення $\tilde{x} \in X$ оптимізаційної задачі (1) є евристикой [8]. В ідеальному випадку рішення \tilde{x} повинно співпадати з оптимальним рішенням x^* оптимізаційної задачі (1) (якщо x^* є єдиним рішенням) та $f(\tilde{x}) = f(x^*)$. Але для більшості евристик можна тільки сподіватися (а для деяких доказати), що $f(\tilde{x})$ є "близьким" до $f(x^*)$ [8]. Більш загальні методи рішення оптимізаційної задачі (1) викладені в [9]–[10] та названі метаевристичними методами. Метаевристичні методи спрямовані на ефективне дослідження простору пошуку оптимального рішення, поєднують основні евристичні методи та потребують менше часу, ніж розробка спеціалізованих евристичних методів "з нуля" [8]. Метаевристичні методи мають наступні властивості [8]:

- керування процесом пошуку оптимального рішення;
- ефективне дослідження простору пошуку для знаходження оптимального рішення;
- використання простих процедур локального пошуку та складних процесів навчання;
- є наближеними методами та, як правило, недетермінованими;
- враховують можливість попадання в пастку в обмеженому просторі пошуку;
- є універсальними (вирішують різні прикладні задачі);
- використовують апріорну інформацію для знаходження оптимального рішення.

Основними операціями, що використовуються в метаевристичних методах є наступні [8]–[10].

1. Ініціалізація, знаходження початкового рішення $x = x_0$.

2. Визначення околиці рішення. Кожному рішенню $x \in X$ відповідають множина околиць та пов'язані з цим переходи $N(x) = \{N_1, N_2, \dots, N_q\}$.

3. Критерій вибору околиці визначається у випадку наявності більше, ніж одна околиця, та визначає не тільки обрану околицю, але й умову її вибору. Альтернативи обрання околиці задовольняють умовам "на кожній ітерації" або "при заданих умовах".

4. Відбір кандидатів на оптимальне рішення. У випадку великих околиць розглядається тільки підмножина переходів на кожній ітерації. Відповідний список кандидатів $C(x) \subseteq N(x)$ може бути постійним та обновлюваним від ітерації до ітерації, або може бути побудованим на кожній новій ітерації. У всіх випадках критерій вибору визначає, яким чином можуть бути обрані рішення для включення в список кандидатів.

5. Критерій прийняття. Переходи оцінюються за допомогою функції $g(x, y)$, що залежить від значення цільової функції, штрафів за порушення деяких обмежень тощо. Обирається найкраще рішення по відношенню до критерію (2):

$$\tilde{x} = \arg \text{opt} \{g(x, y); y \in C(x)\} \quad (2)$$

(з урахуванням необхідності запобігання зацикленню).

6. Критерій зупинки: час обчислення, кількість ітерацій, якість поліпшення рішення.

Виділяють чотири основні групи метаевристичних методів оптимізації: еволюційні методи; ройові методи; методи, що імітують фізичні процеси; мултистартові методи [11]. До еволюційних методів відносяться: генетичні методи; методи, що імітують імунні системи організмів; методи розсіювання; еволюційної стратегії перетворення кореляційної матриці; метод динамічних сіток; методи диференційної еволюції та інші [11]. До ройових методів відносяться: метод поведінки частинок у зграї; мурашиний метод; метод штучної бджолоїної колонії; метод, що імітує поведінку зграї риб та інші [11].

Мета статті – розробити ройовий метод тематичного сегментування зображення бортової системи оптико-електронного спостереження.

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

В загальному вигляді оптимізаційна задача вибору порогу тематичного сегментування оптико-електронного зображення при використанні ройового методу штучної бджолоїної колонії на кожній j -й ітерації представлена виразами (3)–(9) та полягає у мінімізації цільової функції (3) на кожній j -й ітерації з урахуванням визначень і обмежень (4)–(9) [12]–[14].

$$D(\text{th}) = \sum_{j=1}^K D_j(\text{th}) \rightarrow \min ; \quad (3)$$

$$D_j(\text{th}) = \frac{1}{N_{1j} - 1} \sum_{k=1}^{N_{1j}} |U_{kj} - \mu_j|^2 \quad \text{– для } U_{kj} > \text{th} ; \quad (4)$$

$$D_j(\text{th}) = \frac{1}{N_{0j} - 1} \sum_{k=1}^{N_{0j}} |U_{kj} - \mu_j|^2 \quad \text{– для } U_{kj} \leq \text{th} ; \quad (5)$$

$$\mu_j = \frac{1}{N_{1j}} \sum_{k=1}^{N_{1j}} U_{kj} \quad \text{– для } U_{kj} > \text{th} ; \quad (6)$$

$$\mu_j = \frac{1}{N_{0j}} \sum_{k=1}^{N_{0j}} U_{kj} \quad \text{– для } U_{kj} \leq \text{th} ; \quad (7)$$

$$D_j(\text{th}) \geq 0 ; \quad (8)$$

$$0 \leq \text{th} \leq U_{\max} ; \quad (9)$$

де K – кількість сегментів; N_{0j} – кількість пікселів в j -му сегменті, яскравість яких менше або дорівнює значенню порогового рівня th ; N_{1j} – кількість пікселів в j -му сегменті, яскравість яких більше значення

порогового рівня th ; U_{kj} – яскравість k -го пікселя в j -му сегменті; μ_j – математичне сподівання яскравості в j -му сегменті; U_{max} – максимальне значення яскравості пікселів на зображенні.

Таким чином, з урахуванням визначення цільової функції (вирази (3)–(9)) схема методу тематичного сегментування зображень бортових систем оптико-електронного спостереження представлена на рис. 1.

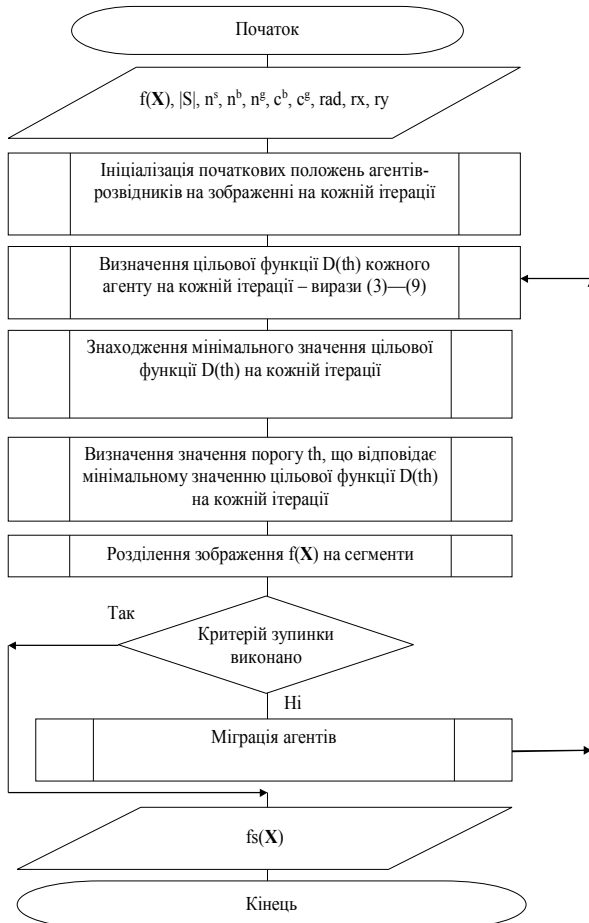


Рис. 1. Схема методу тематичного сегментування оптико-електронних зображень бортових систем оптико-електронного спостереження

У якості вихідного будемо розглядати кольорове зображення бортової системи оптико-електронного спостереження (рис. 2). Розмір зображення – (868x847) пікселів, зображення представлено у кольоровому просторі RGB. Розглянемо канали яскравості Red (R), Green (G), Blue (B) кольорового простору RGB представлення вихідного оптико-електронного зображення (рис. 2 [15]).

На рис. 3–5 наведені гістограми розподілу яскравості по кожному каналу яскравості (представлена залежність яскравості U від кількості пікселів N для каналів R, G, B, відповідно). З аналізу гістограм (рис. 3–5) видно, що вони не є унімодальними, що ускладнює вибір оптимального порогу тематичного сегментування.

Для тематичного сегментування кольорового зображення запропоновано метод (рис. 6), який передбачає:



Рис. 2. Вихідне зображення [15]

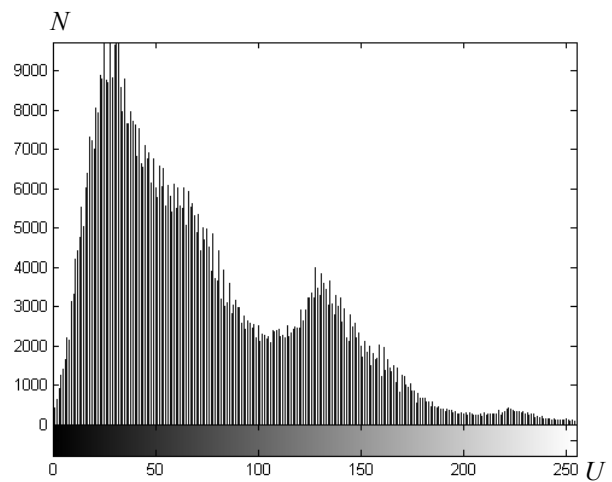


Рис. 3. Гістограма розподілу яскравості для каналу Red

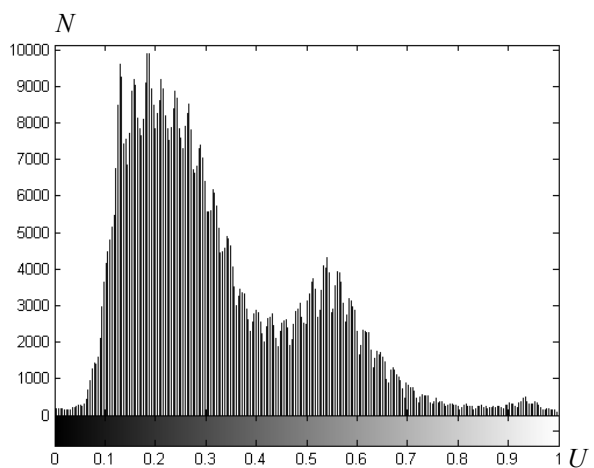


Рис. 4. Гістограма розподілу яскравості для каналу Green

– введення початкових даних: $f(X)$ (вихідне зображення), $|S|$ (загальна кількість агентів), n^s (кількість позицій агентів-розвідників), n^b (кількість кращих позицій), n^g (кількість перспективних позицій), c^b (кількість агентів, що направляються до кращих позицій), c^g (кількість агентів, що відправляються до перспективних позицій), rad (коефіцієнт, що визначає розсіяння агентів при відправленні на

кращі та перспективні позиції), r_x (розмір околиці позиції по осі x), r_y (розмір околиці позиції по осі y);

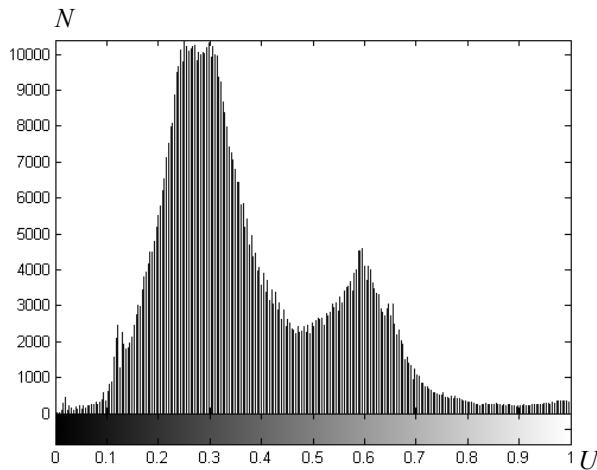


Рис. 5. Гістограма розподілу яскравості для каналу Blue

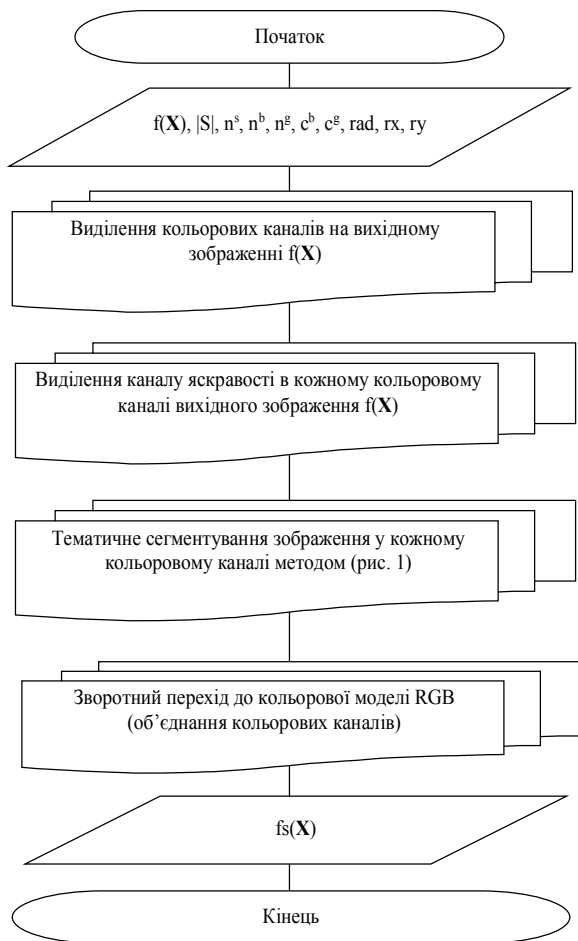


Рис. 6. Схема методу тематичного сегментування кольорового зображення (кольоровий простір RGB) бортової системи оптико-електронного спостереження

– виділення кольорових каналів на вихідному зображенні $f(X)$: $f_R(X)$, $f_G(X)$, $f_B(X)$ (де $f_R(X)$, $f_G(X)$, $f_B(X)$ – зображення по кольоровим каналам Red, Green, Blue, відповідно);

– виділення каналу яскравості в кожному кольоровому каналі вихідного зображення: $f_R(X)$, $f_G(X)$, $f_B(X)$;

– тематичне сегментування зображення в кожному кольоровому каналі методом (рис. 1) та отримання сегментованих зображень по кожному кольоровому каналу: $fs_R(X)$, $fs_G(X)$, $fs_B(X)$ (де $fs_R(X)$, $fs_G(X)$, $fs_B(X)$ – сегментовані зображення у кольорових каналах Red, Green, Blue, відповідно);

– зворотній перехід до кольорової моделі RGB (об'єднання кольорових каналів);

– отримання сегментованого кольорового зображення $fs(X)$.

Тематичне сегментування в кожному кольоровому каналі проводиться ройовим методом штучної бджолиної колонії (рис. 1). Ітераційний процес пошуку оптимальних порогів тематичного сегментування в кольорових каналах оптико-електронного зображення на першій, десятій та двадцятій ітераціях наведено на рис. 3-9 відповідно. На рис. 7-9 показано розташування локальних та глобального мінімумів цільової функції на кожному етапі ітерації. З аналізу рис. 7-9 видно, що зі збільшенням кількості ітерацій все більше агентів розташовується в області мінімального значення цільової функції.

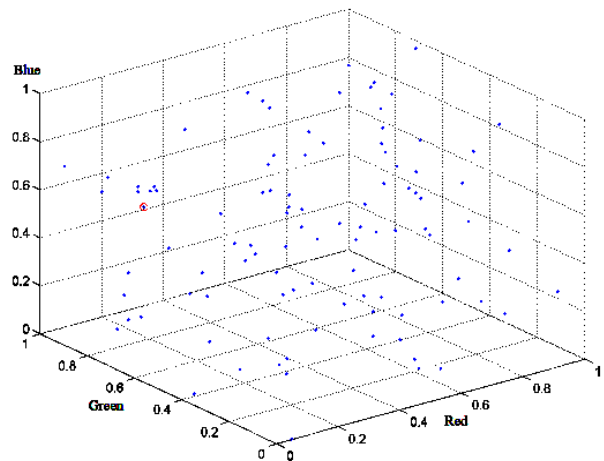


Рис. 7. Ітераційний процес пошуку оптимальних порогів тематичного сегментування в кольорових каналах оптико-електронного зображення на першій ітерації

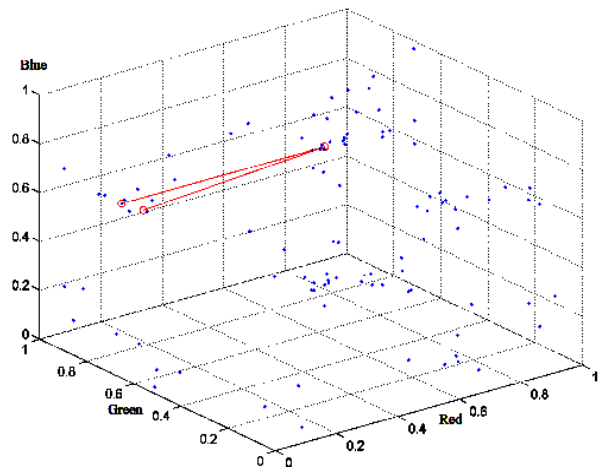


Рис. 8. Ітераційний процес пошуку оптимальних порогів тематичного сегментування в кольорових каналах оптико-електронного зображення на десятій ітерації

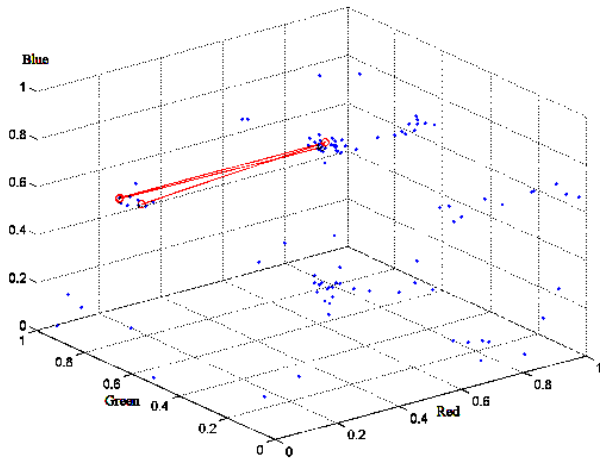


Рис. 9. Ітераційний процес пошуку оптимальних порогів тематичного сегментування в кольорових каналах оптико-електронного зображення на двадцятій ітерації

На рис. 10—12 наведені приклади побудови цільової функції $D(th)$ для різних каналів яскравості (Red, Green, Blue, відповідно). Для кожного каналу яскравості визначено значення оптимального порогу th тематичного сегментування оптико-електронного зображення.

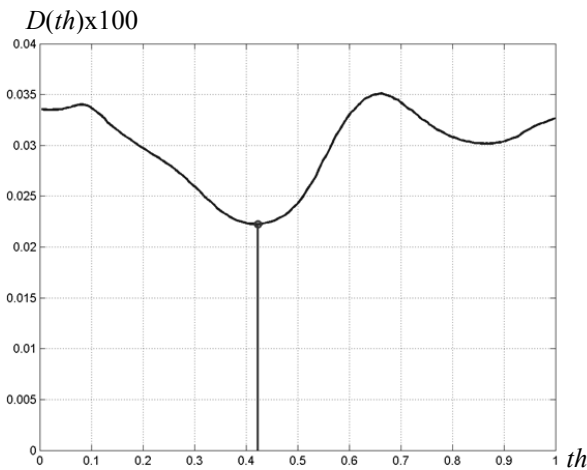


Рис. 10. Визначення оптимального значення порогового рівня для каналу яскравості Red

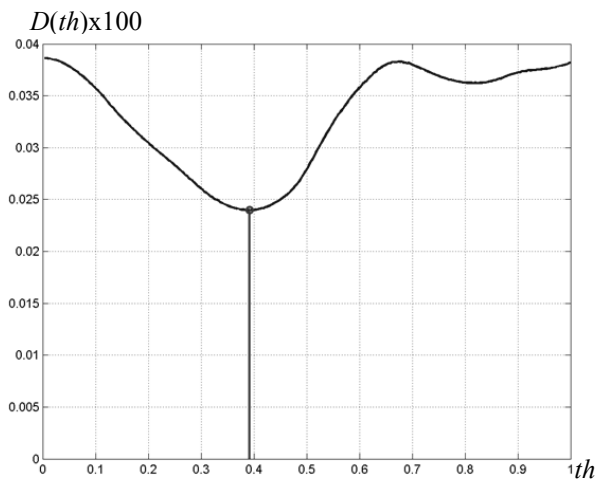


Рис. 11. Визначення оптимального значення порогового рівня для каналу яскравості Green

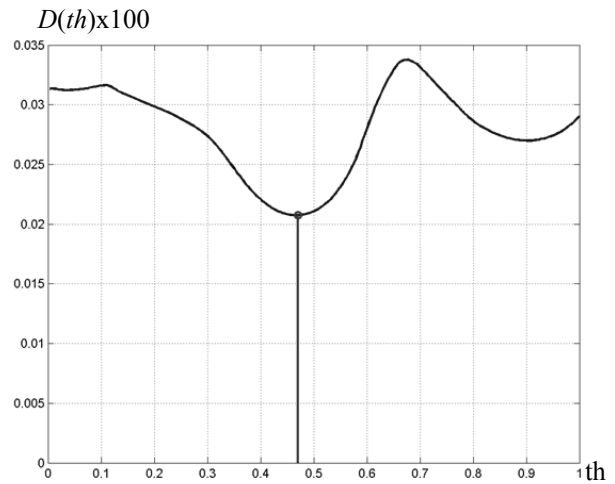


Рис. 12. Визначення оптимального значення порогового рівня для каналу яскравості Blue

Зворотній перехід до кольорової моделі RGB здійснюється шляхом об'єднання кольорових каналів з використанням правила змішування кольорів та законів математичної логіки.

На рис. 13 для наочності наведена тривимірна візуалізація вихідного зображення (рис. 2) у вигляді хмари точок у кольоровому просторі RGB відповідної яскравості. На рис. 14 у тривимірному кольоровому просторі RGB показано січні площини,

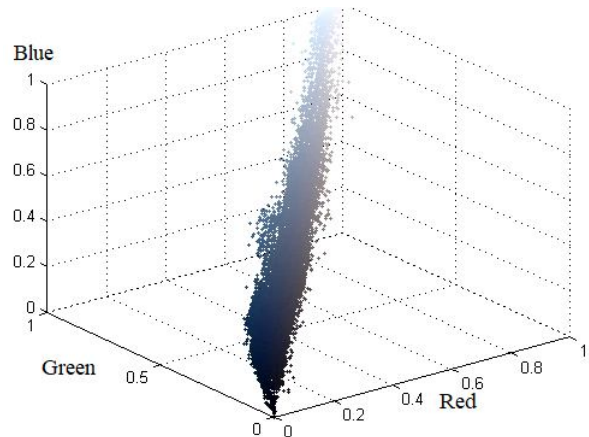


Рис. 13. Представлення вихідного зображення (рис. 2) у вигляді хмари точок у кольоровому просторі RGB

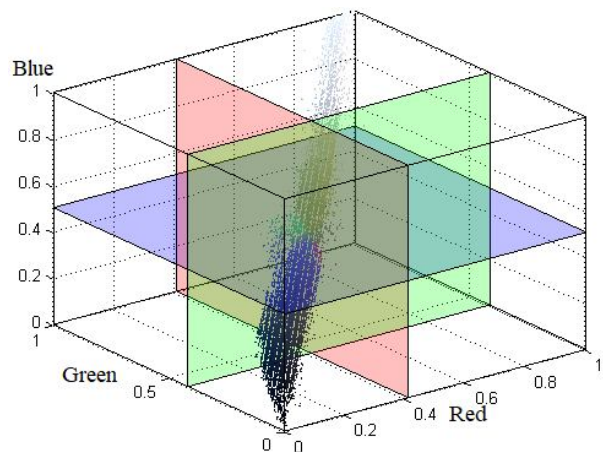


Рис. 14. Січні площини, що відповідають оптимальним значенням порогового рівня кожного кольорового каналу

Січні площини рис. 14 відповідають оптимальним значенням порогового рівня кожного кольорового каналу.

Рівняння січних площин: $R=0,4089$; $G=0,3978$; $B=0,4837$. Результат тематичного сегментування вихідного оптико-електронного зображення (рис. 4) наведений на рис. 15.

З аналізу результатів тематичного сегментування (рис. 15) шляхом візуальної оцінки якості видно, що вдалося провести тематичне сегментування кольорового зображення бортової системи оптико-електронного спостереження та виділити об'єкти розвідки – літаки, сховища з нафтою, споруди та інші.

Висновки і напрями подальших досліджень

В роботі проведено аналіз властивостей метаевристичних методів оптимізації, аналіз основних операцій метаевристичних методів оптимізації. Сформульована оптимізаційна задача вибору порогу тематичного сегментування оптико-електронного зображення при використанні ройового методу штучної бджолиної колонії, розроблено метод тематичного сегментування оптико-електронних зображень бортових систем оптико-електронного спостереження.

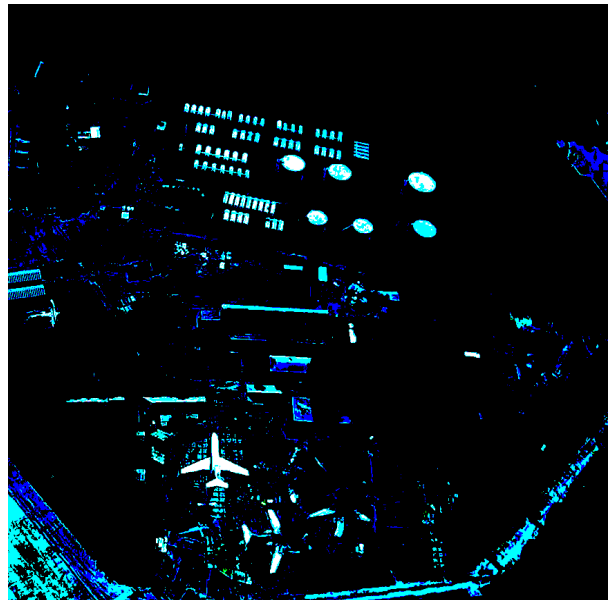


Рис. 15. Результат тематичного сегментування вихідного кольорового оптико-електронного зображення

В подальших дослідженнях необхідно провести оцінку ефективності розробленого методу тематичного сегментування оптико-електронних зображень бортових систем спостереження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гук А. П. Автоматизация дешифрирования снимков. Теоретические аспекты статистического распознавания образов / А. П. Гук // Известия высших учебных заведений. — 2015. — № 65. — С. 166–169.
2. Кобзева Е. А. Автоматизация дешифрирования спутниковых снимков: опыт и проблемы / Е. А. Кобзева, К. А. Поздина // Геодезия и картография. — 2008. — Т. 6. — С. 40–44.
3. Суботін С. О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: монографія / С. О. Суботін, А. О. Олійник, О. О. Олійник. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. — 375 с.
4. Ayman El-Baz. Biomedical image segmentation: advances and trends / El-Baz Ayman, X. Jiang, J. S. Suru. — US: CRC Press, 2016. — 546 p.
5. Пантелеев А. В. Метаевристические алгоритмы поиска глобального экстремума / А. В. Пантелеев. — М.: МАИ, 2009. — 160 с.
6. Пантелеев А. В. Методы глобальной оптимизации: метаевристические стратегии и алгоритмы / А. В. Пантелеев, Д. В. Метлицкая, Е. А. Алешина. — М.: Вузовская книга, 2013. — 244 с.
7. Papadimitriou C. H. Combinatorial Optimization. Algorithms and Complexity / C. H. Papadimitriou, K. Steiglitz. — New York: Dover Publications, 1998. — 528 p.
8. Щербина О. А. Метаевристические алгоритмы для задач комбинаторной оптимизации (обзор) / О. А. Щербина // Таврійський вісник інформатики та математики. — 2014. — № 1 (24). — С. 56–72.
9. Glover F. Future paths for integer programming and links to artificial intelligence / F. Glover // Computers & Operations Research. — 1986. — № 131. — P. 533–549.
10. Glover F. Handbook of Metaheuristics / F. Glover, G. Kochenberger. — Norwell: Kluwer Academic Publisher, 2002. — 647 p.
11. Пантелеев А. В. Применение эволюционных методов глобальной оптимизации в задачах оптимального управления детерминированными системами / А. В. Пантелеев. — М.: МАИ, 2013. — 159 с.
12. Хижняк І. А. Тематичне сегментування зашумленого оптико-електронного зображення ройовим методом / І. А. Хижняк, О. М. Маковейчук, В. Г. Худов, І. В. Рубан, Г. В. Худов // Системи управління, навігації та зв'язку. — 2018. — № 1 (47). — С. 146–152.
13. Хижняк І. А. Метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії (АВС)) тематичного сегментування оптико-електронного зображення / І. А. Хижняк, О. М. Маковейчук, Р. Г. Худов, В. О. Подліпаєв, Г. В. Горбань, Г. В. Худов // Системи управління, навігації та зв'язку. — 2018. — № 2 (48). — С. 91–96.
14. Хижняк І. А. Інформаційна ройова технологія тематичного сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження / І. А. Хижняк, О. М. Маковейчук, Г. В. Худов // Системи управління, навігації та зв'язку. — 2018. — № 3 (49). — С. 26–32.
15. Ruban I. Segmentation of the images obtained from onboard optoelectronic surveillance systems by the evolutionary method / I. Ruban, H. Khudov, V. Khudov, I. Khizhnyak, O. Makoveichuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — 2017. — № 5/9 (89). — P. 49–57.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К. С. Васюта,
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків
Received 11.07.2018
Accepted for publication 19.09.2018

Метод тематической сегментации цветного изображения бортовой системы оптико-электронного наблюдения

И. А. Хижняк, Г. В. Худов, И. В. Рубан, А. Н. Маковейчук, Ю. С. Соломоненко, В. Г. Худов

Предметом изучения в статье является метод тематической сегментации цветного изображения бортовой системы оптико-электронного наблюдения. **Целью** является разработка метода тематической сегментации, в основу которого положен метод искусственной пчелиной колонии. **Задачи:** анализ свойств метаэвристических методов оптимизации, анализ основных операций метаэвристических методов оптимизации, формулировка оптимизационной задачи выбора порога тематической сегментации оптико-электронного изображения при использовании роевого метода искусственной пчелиной колонии, разработка схемы метода тематической сегментации оптико-электронных изображений бортовых систем оптико-электронного наблюдения, получение гистограмм распределения яркости в каждом канале яркости цветного изображения, изложение сущности метода тематической сегментации цветного изображения бортовой системы оптико-электронного наблюдения, анализ итерационного процесса поиска оптимальных порогов тематической сегментации в каналах яркости оптико-электронного изображения, определение оптимального значения порогового уровня для каждого канала яркости, получение результата тематической сегментации исходного оптико-электронного изображения, визуальная оценка качества сегментированного изображения. Используемыми **методами** являются: методы теории вероятности, математической статистики, роевого интеллекта, кластеризации данных, эволюционных вычислений, методы оптимизации, математического моделирования и цифровой обработки изображений. Получены следующие **результаты**. Установлено, что для тематической сегментации изображения бортовой системы оптико-электронного наблюдения целесообразно использование метаэвристических методов оптимизации. Установлено, что метод тематической сегментации цветного изображения основан на роевом методе искусственной пчелиной колонии, в качестве целевой функции используется сумма дисперсий тематических сегментов, а оптимизационная задача состоит в минимизации целевой функции. Установлено, что оптимальное значение порогового уровня для каждого канала яркости соответствует минимуму целевой функции для каждого канала яркости. **Выводы.** Научная новизна полученных результатов заключается в следующем: повышение визуального качества сегментированного изображения, что в дальнейшем существенно влияет на решение задачи дешифрирования изображения.

Ключевые слова: бортовая система наблюдения, оптико-электронное изображение, тематическая сегментация, роевые методы, искусственная пчелиная колония, целевая функция, порог сегментации, итерационный процесс, оптимизация.

Informational swarm technology of the thematic images segmentation obtained from on-board systems of optical-electronic observation

I. Khizhnyak, H. Khudov, I. Ruban, A. Makoveychuk, Yu. Solomonenko, V. Khudov

The **subject matter** of the article is the method of thematic segmentation of a color image of an on-board optical-electronic surveillance system. The **goal** is the development of a thematic segmentation method based on the artificial bee colony method. The **tasks** are: analysis of the properties of meta-heuristic optimization methods, analysis of the basic operations of meta-heuristic optimization methods, formulation of the optimization problem of selecting the thematic segmentation threshold for optical-electronic imaging using the swarm method of artificial bee colony, developing a scheme for thematic segmentation of optical-electronic imaging systems optoelectronic observation, obtaining histograms of the distribution of brightness in each channel of the brightness of a color image, presentation of the essence of the method of thematic segmentation of the color isobarbation of the on-board optical-electronic surveillance system, the analysis of the iterative process of finding the optimal thresholds for the thematic segmentation in the brightness channels of the optical-electronic image, determining the optimal value of the threshold level for each channel of the brightness - electronic image, visual assessment of the quality of the segmented image. The methods used are: methods of probability theory, mathematical statistics, swarm intelligence, data clustering, evolutionary computing, optimization methods, mathematical modeling and digital image processing. The following results were obtained. It has been established that for thematic segmentation of an image of an onboard system of optical-to-electronic observation, it is advisable to use metaheuristic optimization methods. It has been established that the method of thematic segmentation of a color image is based on the swarm method of an artificial bee colony, the sum of variances of the thematic segments is used as the target function, and the optimization problem is to minimize the objective function. It is established that the optimal value of the threshold level for each brightness channel corresponds to the minimum of the objective function for each brightness channel. The **methods** used are: methods of probability theory, mathematical statistics, swarm intelligence, data clustering, evolutionary calculations, optimization methods, mathematical modeling and digital image processing. The following **results** were obtained. It has been established that for thematic segmentation of an image of an onboard system of optical-electronic observation it is expedient to use metaheuristic optimization methods. It has been established that the method of thematic segmentation of a color image is based on the swarm method of an artificial bee colony, the sum of variances of the thematic segments is used as the objective function, and the optimization problem is to minimize the objective function. It has been established that the optimal value of the threshold level for each brightness channel corresponds to the minimum of the objective function for each brightness channel. **Conclusions.** The scientific novelty of the results obtained is as follows: an increase in the visual quality of the segmented image, which subsequently significantly affects the solution of the problem of image decoding.

Keywords: onboard surveillance system, optical-electronic image, thematic segmentation, swarm methods, artificial bee colony, fitness function, segmentation threshold, iterative process, optimization.