УДК 004.932 DOI: 10.30748/zhups.2018.56.15

І.А. Хижняк

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД РОЙОВОГО ІНТЕЛЕКТУ (ШТУЧНОЇ БДЖОЛИНОЇ КОЛОНІЇ) ТЕМАТИЧНОГО СЕГМЕНТУВАННЯ БАГАТОМАСШТАБНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО ОТРИМАНІ З БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

В статті для підвищення якості дешифрування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження запропоновано проводити тематичне сегментування багатомасштабної послідовності таких зображень. Проаналізовано відомі підходи до аналізу багатомасштабної інформації, їх переваги та недоліки. У якості методу тематичного сегментування багатомасштабної послідовності зображень запропоновано обрати метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії), наведено математичне формулювання завдання сегментування багатомасштабної послідовності зображень. У якості параметру, що оптимізується, обрано поріг сегментування, а оптимізація полягає у мінімізації цільової функції. Наведені результати ітераційного процесу визначення порогу на етапах ітерації та удосконалено метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії) тематичного сегментування багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження.

Ключові слова: *метод сегментування, ройовий метод, штучна бджолина колонія, оптико-електронне зображення, багатомасштабна послідовність, цільова функція, бортова система спостереження, поріг сегментування, ітераційний процес.*

Вступ

Постановка проблеми. У теперішній час зростає потреба у даних, що отримуються з бортових систем спостереження взагалі та бортових систем оптико-електронного спостереження, зокрема [1–2]. Це обумовлено [2]:

– постійним збільшенням загального обсягу і доступності інформації, що отримується з бортових систем оптико-електронного спостереження;

– збільшенням інформації з високим розрізненням;

– впровадженням, при вирішенні завдань інформаційного забезпечення в інтересах безпеки і оборони, комплексного використання даних від різних джерел;

– збільшенням кількості суб’єктів у сфері отримання, розповсюдження, обробки та застосування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

В сучасних бортових системах ДЗЗ повітряного та космічного базування існує технічна можливість отримання оптико-електронних зображень однієї ділянки місцевості в різних масштабах [2–3]. Масштаби оптико-електронних зображень, що отримані з бортової системи спостереження, залежать від: висоти польоту літального апарату-носія бортової апаратури, фокусної довжини апаратури, коефіцієнта збільшення, куту нахилу бортової апаратури, кривизни земної поверхні [2].

Обробка багатомасштабної послідовності зображень однієї ділянки місцевості, безумовно, підвищує якість дешифрування об’єктів інтересу [2–3].

Відомо [4–5], що результат обробки зображень залежить від якості сегментування зображення. Тому актуальним є розробка методу тематичного сегментування багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує декілька підходів до аналізу багатомасштабної інформації, тобто до побудови картини контурів об’єктів градієнтних зображень різного масштабу [6]. Існують підходи, в яких аналіз градієнтних зображень проводиться від грубих масштабів до точних [7–8] та від точних до грубих [9–10]. Методи розрізнюються по принципах побудови градієнтного зображення одного масштабу, але при цьому відкритим є питання, яким чином необхідно комбінувати багатомасштабну інформацію для побудови кінцевої картини границь. В роботі Бергольма [7] запропоновано метод, який полягає у послідовному аналізу багатомасштабної інформації від грубих масштабів до точних. Такий підхід дозволяє значно зменшити вплив шуму і, таким чином, уникнути хибного визначення контурів під впливом шумів. Недоліком методу [7] є можливе розділення контурів, що визначаються на грубих масштабах, на декілька окремих при переході до більш точного масштабу. Стратегія розгляду градієнтних масштабів від грубих до точних також відмічається в роботі [8]. Однак в тих випадках, коли на зображенні присутні невеликі об’єкти з різкими границями, точне визначення границь цих об’єктів при переході від грубих

© Хижняк І.А., 2018

масштабів до точних є ускладненим, так як на градієнтних зображеннях грубого масштабу виникає значне зміщення положення різких контурів.

В роботах [9–10] кінцева картина границь складається на основі аналізу градієнтних зображень від точних масштабів до грубих. При цьому основними задачами є зменшення впливу шуму, до якого чутливі оператори градієнту малого розміру, та комбінування границь, що отримані на точних масштабах, з плавними границями, які визначаються на грубих масштабах. При успішному рішенні таких проблем підхід до аналізу градієнтних зображень від точних масштабів до грубих є найбільш ефективним для багатьох практичних випадків, в яких необхідно достатньо точно визначити контури об'єктів. Однак, методи, що наведені в [7–10] можуть бути застосовані для сегментування сканованих зображень сторінок книг, газет, журналів з великою кількістю об'єктів невеликого розміру, наприклад, букв та символів.

Методи обробки багатомасштабної послідовності цифрових зображень в промислових системах контролю якості наведені в роботах [11–12]. Однак, розроблені в роботах [11–12] методи обробки багатомасштабної послідовності цифрових зображень неможна напряму використовувати для обробки багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження.

В роботі [13] запропоновано при сегментуванні оптико-електронних зображень попереднього проводити багатомасштабне перетворення зображень. У якості ядра перетворення обрано гаусіан з відповідним значенням масштабного коефіцієнта. У якості методу сегментування запропоновано використання еволюційного (мультиагентного) методу. Проведено експериментальні дослідження щодо сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень еволюційним методом. Але методу, запропонованому в [13], притаманний недолік щодо появи великої кількістю об'єктів невеликого розміру, які не дозволяють виявити необхідний об'єкт та провести подальше дешифрування зображення з необхідною якістю.

В роботі [14] запропоновано удосконалений метод сегментування багатомасштабної послідовності зображень, отриманих з космічних систем оптико-електронного спостереження. В основі удосконаленого методу [14] покладено еволюційний (мурашиний) метод. Але при використанні удосконаленого методу [14] не вдалося повністю позбутися на сегментованому зображенні об'єктів невеликого розміру, що значно ускладнює структуру сегментованого зображення та істотно впливає на якість дешифрування оптико-електронного зображення.

В [15] запропоновано для сегментування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження, використовувати метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії). В [15] показано, що використання методу штучної бджолиної колонії дозволяє проводити тематичне сегментування зображення з заданими показниками якості, навіть в умовах впливу спотворюючих факторів.

Мета статті – розробити метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії) тематичного сегментування багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження

Виклад основного матеріалу

Метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії) запропонований в [16] для вирішення завдань чисельної оптимізації. Застосуємо метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії) до сегментування оптико-електронного зображення.

Позначимо $f(x,y)$ – функція розподілу яскравості на зображенні, яка визначена на замкнутій множині D: $D=\{D_1,D_2,...,D_k\}$. Замкнута множина розбивається на k не пустих пов'язаних підмножин D_i, $(i=1,2,...,k)$.

Позначимо LP – предикат, що визначений на множині D, та приймає значення «1» – істина тоді і тільки тоді, коли люба пара точок з кожної підмножини D_i задовольняє деякому критерію однорідності.

Сегментуванням зображення $f(x,y)$ по предикату LP є розбиття, що задовольняє умовам (1) [4–5; 13–15]:

$$\begin{cases} \bigcup_{i=1}^{k} D_i^*; \\ D_i^* \cap D_j^* = \varnothing, \text{ для } i \neq j; \\ LP(D_i^*) = 1; \\ LP(D_i^* \cap D_j^*) = 0, \text{ для } i \neq j. \end{cases} \quad (1)$$

Предикат LP при цьому є предикатом однорідності. В частковому випадку LP визначається відповідно до виразу (2):

$$LP(D_i^*) = \begin{cases} 1, \text{при } f(x_1,y_1) = ... = f(x_M,y_M); \\ 0, \text{ в іншому випадку,} \end{cases} \quad (2)$$

де $(x_m, y_m) \in D_i^*$;

$m = 1,2,...,M$;

M – кількість точок в області

або

$$LP(D_i^*) = \begin{cases} 1, \text{при } |f(x_m,y_m) - f(x_1,y_1)| \leq T; \\ 0, \text{ в іншому випадку,} \end{cases} \quad (3)$$

де (x_m, y_m), (x_1, y_1) – довільні точки з області D_i^*;

T – деякий поріг.

Таким чином, сегментування представляє оператор, що задає перетворення (4)

$$f(x,y) \to G(x,y), \qquad (4)$$

де $G(x,y) = L_i$ при $(x,y) \in D_i^*$,

$(x_m, y_m) \in D_i^*$,

$i = 1, 2, ..., k$,

$(x_m, y_m) \in D_i^*$ – i-та область.

Поріг сегментування T будемо визначати методом штучної бджолиної колонії. Кожний агент (бджола) пам'ятає свою кращу позицію з досягнутим локальним найкращим значенням цільової функції та знає найкращу позицію своїх сусідів, де досягнуто глобальний на поточний момент оптимум. У процесі пошуку бджоли обмінюються інформацією про досягнуті кращі результати і змінюють свої позиції та швидкості за певними правилами на основі існуючої на поточний момент інформації про локальні й глобальні досягнення. При цьому глобальний кращий результат відомий усім бджолам і негайно корегується у тому випадку, коли деяка бджола знаходить кращу позицію з результатом, що перевершує поточний глобальний оптимум. Сутність методу штучної бджолиної колонії стосовно сегментування одного зображення викладена в [15]. Але в [15] не визначена цільова функція, найкраще значення якої повинно визначити значення порогу T.

У якості цільової функції будемо використовувати наступну функцію (вираз (5):

$$\varphi(x) = \sum_{j=1}^{K} \sigma_j^2, \qquad (5)$$

де K – кількість тематичних сегментів на зображенні;

σ_j^2 – внутрішня дисперсія j-го тематичного сегменту, що розраховується за виразом (6):

$$\sigma_j^2 = \frac{1}{N_j - 1} \sum_{i=1}^{N_j} \left| U_i - \overline{U}_j \right|^2, \qquad (6)$$

де U_i – яскравість i-го пікселя;

N_j – кількість пікселів в j-ому тематичному сегменті;

$\overline{U}_j$ – математичне очікування яскравості пікселів в j-ому тематичному сегменті (вираз (7)):

$$\overline{U}_j = \frac{1}{N_j} \sum_{i=1}^{N_j} U_i. \qquad (7)$$

Таким чином, оптимальний поріг T повинен забезпечувати мінімум цільової функції (5):

$$\varphi(x) = \sum_{j=1}^{K} \sigma_j^2 \to \min, \qquad (8)$$

У якості вихідних зображень будемо використовувати послідовність оптико-електронних зображень однієї ділянки місцевості з масштабними коефіцієнтами $t = 8$, $t = 4$, $t = 2$, $t = 1$ (рис. 1).

Рис. 1. Вихідна послідовність оптико-електронних зображень різних масштабів з масштабними коефіцієнтами $t = 8$, $t = 4$, $t = 2$, $t = 1$ відповідно [17]

Сегментування методом штучної бджолиної колонії полягає у проведенні ітераційного процесу обчислення мінімуму цільової функції і, відповідно, визначенню оптимального порогу сегментування для кожної ітерації. Приклади проведення ітераційного процесу для першої, п'ятої та двадцятої ітерації наведені на рис. 2– 4 відповідно.

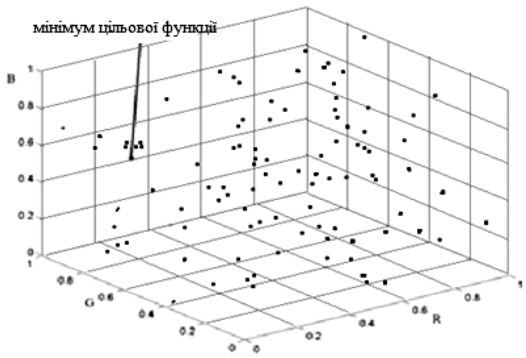

Рис. 2. Ітераційний процес сегментування методом штучної бджолиної колонії на першому ітераційному етапі

На кожному ітераційному етапі для кожного агенту (бджоли) розраховується значення цільової функції, проводиться порівняння цих значень, вибір мінімального значення, що відповідає оптимальному порогу, у відповідності з яким проводиться сегментування послідовності зображень. Приклад вибору оптимального порогу сегментування для каналу яскравості Red, що відповідає мінімальному значенню цільової функції $\varphi(x)$, наведений на рис. 5. Оптимальні значення порогів сегментування для всіх каналів яскравості кольорового простору RGB кольорового зображення масштабу t=1 наведені на рис. 6.

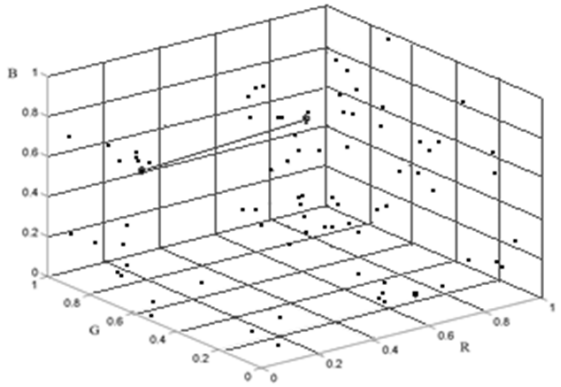

Рис. 3. Ітераційний процес сегментування методом штучної бджолиної колонії на п'ятому ітераційному етапі

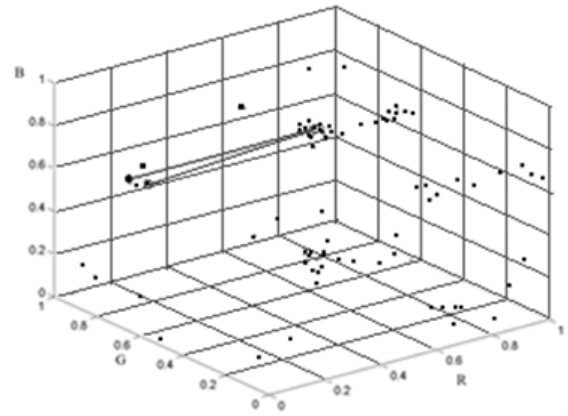

Рис. 4. Ітераційний процес сегментування методом штучної бджолиної колонії на двадцятому ітераційному етапі

На кожному ітераційному етапі для кожного агенту (бджоли) розраховується значення цільової функції, проводиться порівняння цих значень, вибір мінімального значення, що відповідає оптимальному порогу, у відповідності з яким проводиться сегментування послідовності зображень. Приклад вибору оптимального порогу сегментування для каналу яскравості Red, що відповідає мінімальному значенню цільової функції $\varphi(x)$, наведений на рис. 5. Оптимальні значення порогів сегментування для всіх каналів яскравості кольорового простору RGB кольорового зображення масштабу t=1 наведені на рис. 6.

Результат сегментування багатомасштабної послідовності зображень наведений на рис. 7.

Після сегментування необхідно провести перемасштабування кожного сегментованого зображення до вихідного масштабу. Розрахуємо зображення-фільтр як результат усереднення перемасштабованих зображень для кожного пікселя. Результати розрахунку зображення-фільтру наведено на рис. 8.

Після сегментування необхідно провести перемасштабування кожного сегментованого зображення до вихідного масштабу. Перемасштабовані до вихідного масштабу сегментовані зображення наведені на рис. 8.

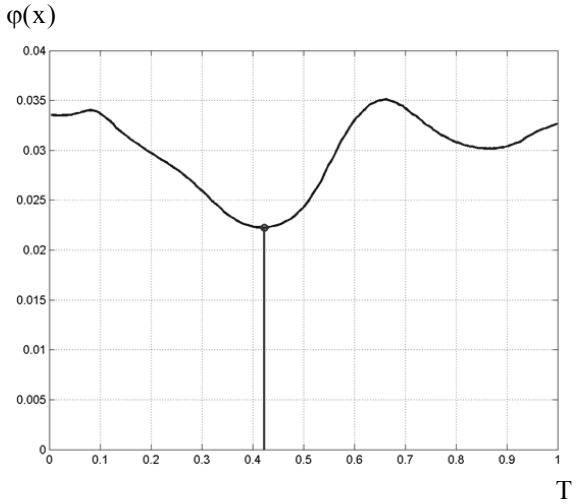

Рис. 5. Приклад вибору оптимального порогу сегментування для каналу яскравості Red, що відповідає мінімальному значенню цільової функції $\varphi(x)$

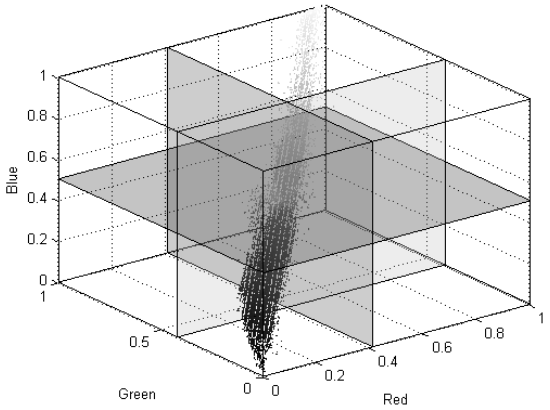

Рис. 6. Оптимальні значення порогу для кожного каналу кольорового простору RGB вихідного зображення з масштабним коефіцієнтом t=1

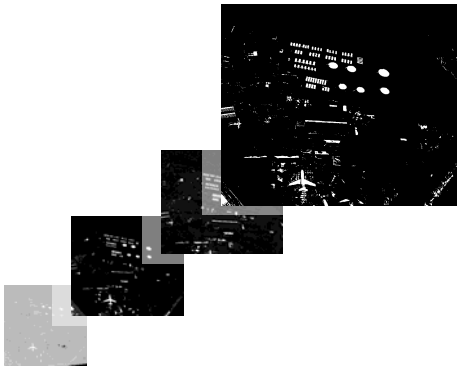

Рис. 7. Послідовність сегментованих оптико-електронних зображень різних масштабів з масштабними коефіцієнтами $t = 8$, $t = 4$, $t = 2$, $t = 1$ відповідно

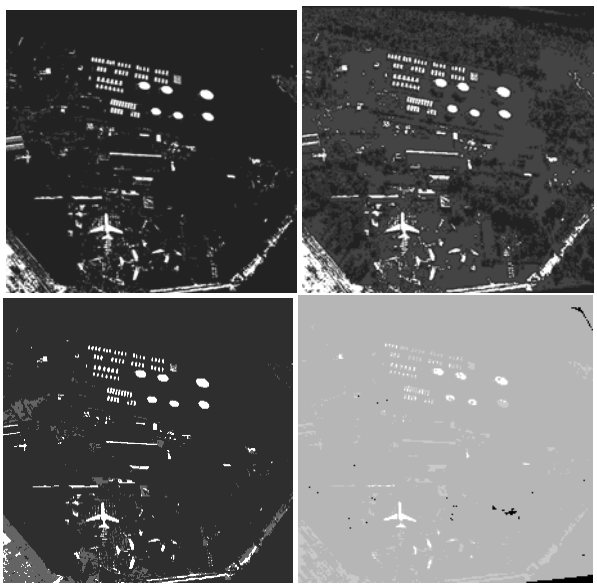

Рис. 8. Перемасштабовані до вихідного масштабу сегментовані зображення

Розрахуємо зображення-фільтр як результат усереднення перемасштабованих зображень для кожного пікселя. Результати розрахунку зображення-фільтру наведено на рис. 9.

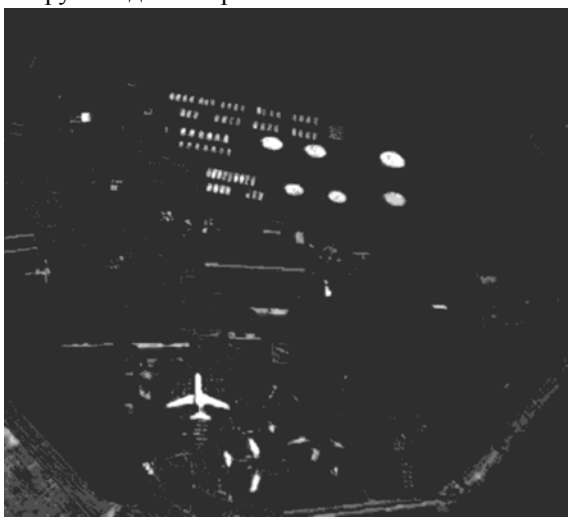

Рис. 9. Результат розрахунку зображення-фільтру

Після розрахунку зображення-фільтру знайдемо попіксельний добуток зображення фільтру на вихідне зображення з масштабним коефіцієнтом t=1. Зображення, що відповідає такому добутку, наведено на рис. 10 та відповідає результату сегментування багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження.

Висновки

1. В роботі для підвищення якості дешифрування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження запропоновано проводити тематичне сегментування багатомасштабної послідовності таки х зображень.

Рис. 10. Результат сегментування багатомасштабної послідовності зображень

2. Проаналізовано відомі підходи до аналізу багатомасштабної інформації та встановлено, що у випадку, коли на зображенні присутні невеликі об’єкти з різкими границями, точне визначення границь цих об’єктів є ускладненим.

3. У якості методу тематичного сегментування багатомасштабної послідовності зображень запропоновано обрати метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії).

4. Наведено математичне формулювання завдання сегментування багатомасштабної послідовності зображень. Встановлено, що у якості параметру, що оптимізується, обрано поріг сегментування, а оптимізація полягає у мінімізації або максимізації цільової функції.

5. У якості цільової функції обрано сума дисперсії у межах кожного сегменту зображення, а оптимізація процесу сегментування та визначенню порогу полягає у мінімізації цільової функції.

6. Встановлено, що процес сегментування є ітераційним процесом та наведені результати ітераційного процесу визначення порогу на деяких етапах ітерації. На кожному ітераційному етапі для кожного агенту (бджоли) розраховується значення цільової функції, проводиться порівняння цих значень, вибір мінімального значення, що відповідає оптимальному порогу, у відповідності з яким проводиться сегментування послідовності зображень.

7. Встановлено, що удосконалений метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії) тематичного сегментування багатомасштабної послідовності зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження, полягає у:

– проведенні кожного з зображень багатомасштабної послідовності методом штучної бджолиної колонії, що полягає у визначенні оптимального по-

рогу, значення якого відповідає мінімуму цільової функції;

– перемасштабуванні кожного сегментованого зображення до вихідного масштабу;

– розрахунку зображення-фільтру, що розраховується як результат усереднення перемасштабованих зображень для кожного пікселя;

– знаходження попіксельного добутку зображення фільтру та вихідного зображення з масштабним коефіцієнтом t=1 та прийняття такого попіксельного добутку у якості сегментованого зображення.

Список літератури

1. Самойленко О.В. Перспективи розвитку наземних комплексів приймання та цифрової обробки матеріалів повітряної розвідки Збройних Сил України / О.В. Самойленко, С.О. Пономаренко, М.О. Ладик // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. – 2016. – Вип. 12 (19). – С. 115-120.

2. Гук А.П. Автоматизация дешифрирования снимков. Теоретические аспекты статистического распознавания образов / А.П. Гук // Известия высших учебных заведений. – 2015. – № 65. – С. 166-169.

3. Lillo-Saavedra M. Multispectral images fusion by a joint multidirectional and multiresolution representation / M. Lillo-Saavedra, C. Gonzalo // Int. J. Remote Sens. – 2007. – Vol. 28. – Pp. 4065-4079.

4. Faroogue M.Y. Latest trends on image segmentation schemes / M.Y. Faroogue, M.S. Raeen // International journal of advanced research in computer science and software engineering. – 2014. – Vol. 4, № 10. – P. 792-795.

5. Choudhary R. Recent trends and techniques in image enhancement using differential evolution – a survey / R. Choudhary, R. Gupta // International journal of advanced research in computer science and software engineering. – 2017. – Vol. 7, № 4. – P. 106-112.

6. Ziou D. Edge Detection Techniques / D. Ziou, S. Tabbone // An Overview technical report: Dept Math & Informatique. Universit de Sherbrooke. – 1997. – № 195. – P. 567-578.

7. Bergholm F. Edge Focusing / F. Bergholm // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1987. – № 9. – P. 726-741.

8. Williams, D.J. Edge Contours Using Multiple Scales / D.J. Williams, M. Shas // Computer Vision, Graphics and Image Processing. – 1990. – № 51. – P. 256-274.

9. Lacroix, V. The Primary Raster: A Multiresolution Image Description / V. Lacroix // In Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition. – 1990. – P. 903-907.

10. Canny J.F. A Computational Approach to Edge Detection / J.F. Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 1986. – № 8. – P. 679-698.

11. Жизняков А.Л. Формализация некоторых понятий теории обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений / А.Л. Жизняков // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – № 3 (29). – С. 354-358.

12. Жизняков А.Л. Теоретические основы обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений / А.Л. Жизняков, С.С. Садыков. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008 . – 121 с.

13. Худов, В.Г. Сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень мультиагентним методом / В.Г. Худов // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2016. – Вип. 1 (37). – С. 107-110.

14. Худов В.Г. Удосконалений еволюційний метод сегментування багатомасштабної послідовності зображень, отриманих з космічних систем оптико-електронного спостереження / В.Г. Худов, О.М. Маковейчук // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2017. – Вип. 3 (52). – С. 93-97.

15. 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. – Вип. 1 (47). – С. 146-152.

16. Karaboga D.A comparative study of Artificial Bee Colony algorithm / D. Karaboga, B. Akay // Appl. Math. Computing. – 2009. – Vol. 214. – P. 108-132.

17. [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://www.satimagingcorp.com/gallery/ikonos/ - 23.03.2018.

References

1. Samoylenko, O.V., Ponomarenko, S.O. and Ladik M.O. (2016), "Perspektivu rozvitku nazemnych kompleksiv priymannia ta cifrovoi obrobki materialiv povitryanoi rozvidki Zbroynikh Syl Ukrainy" [Prospects for the development of terrestrial systems for the reception and digital processing of aerial intelligence materials of the Armed Forces of Ukraine], *Collection of scientific works of the State Scientific Research Institute of Aviation*, No. 12 (19), pp. 115-120.

2. Guk, A.P. (2015), "Avtomatizaciya deshifrirovaniya snimkov. Teoreticheskie aspekty statisticheskogo raspoznavaniya obrazov" [Automate decryption of pictures. Theoretical aspects of statistical recognition of images], *News of higher educational institutions*, No. 65, pp. 166-169.

3. Lillo-Saavedra, M. and Gonzalo, C. (2007), Multispectral images fusion by a joint multidirectional and multiresolution representation, *Int. J. Remote Sens.,* vol. 28, pp. 4065-4079.

4. Faroogue, M.Y. and Raeen, M.S. (2014), Latest trends on image segmentation schemes, *International journal of advanced research in computer science and software engineering*, Vol. 4, No. 10, pp. 792-795.

5. Choudhary, R. and Gupta, R. (2017), Recent trends and techniques in image enhancement using differential evolution – a survey, *International journal of advanced research in computer science and software engineering*, Vol. 7, No. 4, pp. 106-112.

6. Ziou, D. and Tabbone, S. (1997), Edge Detection Techniques, *An Overview technical report: Dept Math & Informatique. Universit de Sherbrooke*, No. 195, pp. 567-578.

7. Bergholm, F. (1987), Edge Focusing, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence,* No. 9, pp. 726-741.

8. Williams, D.J. and Shas, M. (1990), Edge Contours Using Multiple Scales, *Computer Vision, Graphics and Image Processing,* No. 51, pp. 256-274.

9. Lacroix, V. (1990), The Primary Raster: A Multiresolution Image Description, *In Proceedings of the 10th International Conference on Pattern Recognition*, pp. 903-907.

10. Canny, J.F. (1986), A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, No. 8, pp. 679-698.

11. Zhiznyakov, A.L. (2007), "Formalizatsiya nekotorykh ponyatiy teorii obrabotki mnogomasshtabnykh posledovatel'nostey tsifrovykh izobrazheniy" [Formalization of some concepts of the theory of processing multiscale sequences of digital images], *Control Systems and Information Technology*, No. 3 (29), pp. 354-358.

12. Zhiznyakov, A.L. and Sadykov, S.S. (2008), "*Teoreticheskiye osnovy obrabotki mnogomasshtabnykh posledovatel'nostey tsifrovykh izobrazheniy*", [*Theoretical bases of processing of multiscale sequences of digital images*], Publishing house of Vladimir. state. University, Vladimir, 121 p.

13. Khudov, V.H. (2016), "Sehmentuvannya bahatomasshtabnoyi poslidovnosti optyko-elektronnykh zobrazhen′ mul′tyahentnym metodom" [Segmentation of a large-scale sequence of optoelectronic images by a multiagent method], *Control systems, navigation and communication*, Vol. 1 (37), pp. 107-110.

14. Khudov, V.H. and Makoveychuk, O.M. (2017), "Udoskonalenyy evolyutsiynyy metod sehmentuvannya bahatomasshtabnoyi poslidovnosti zobrazhen′, otrymanykh z kosmichnykh system optyko-elektronnoho sposterezhennya" [An advanced evolutionary method of segmentation of a large-scale sequence of images obtained from space systems of optoelectronic observation*], Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, Vol. 3 (52), pp. 93-97.

15 Khyzhnyak, I.A., Makoveychuk, O.M., Khudov, V.H., Ruban, I.V. and Khudov, H.V. (2018) "Tematychne sehmentuvannya zashumlenoho optyko-elektronnoho zobrazhennya royovym metodom" [Thematic segmentation of the noisy optoelectronic image by the swarm method], *Control systems, navigation and communication*, Vol. 3 (47), pp. 146-152.

16. Karaboga, D. and Akay, B. (2009), [A comparative study of Artificial Bee Colony algorithm], *Appl. Math. Computing,* Vol. 214, pp.108-132.

17. [Electronic resource], available at http://www.satimagingcorp.com/gallery/ikonos/ (accessed 23 April 2018).

Надійшла до редколегії 12.02.2018
Схвалена до друку 17.04.2018

Відомості про автора:

Хижняк Ірина Анатоліївна
начальник групи
навчально-лабораторного комплексу кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
https:// orcid.org/0000-0003-3431-7631

Information about the author:

Irina Khizhnyak
Head of Group
Department Educational-Laboratory complex
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3431-7631

МЕТОД РОЕВОГО ИНТЕЛЛЕКТА (ИСКУССТВЕННОЙ ПЧЕЛИНОЙ КОЛОНИИ) ТЕМАТИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ МНОГОМАСШТАБНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

И.А. Хижняк

В статье для повышения качества дешифрации изображения, полученного с бортовой системы оптико-электронного наблюдения, предложено проводить тематическую сегментацию многомасштабной последовательности таких изображений. Проанализированы известные подходы к анализу многомасштабной информации, их преимущества и недостатки. В качестве метода тематической сегментации многомасштабной последовательности изображений выбран метод роевого интеллекта (искусственной пчелиной колонии), приведена математическая формулировка задачи сегментации многомасштабной последовательности изображений. В качестве оптимизационного параметра выбран порог сегментации, а оптимизация заключается в минимизации целевой функции. Приведены результаты итерационного процесса определения порога на этапах итерации и усовершенствован

метод роевого интеллекта (искусственной пчелиной колонии) тематической сегментации многомасштабной последовательности изображений, полученных с бортовой системы оптико-электронного наблюдения.

Ключевые слова: *метод сегментации, роевой метод, искусственная пчелиная колония, оптико-электронное изображение, многомасштабная последовательность, целевая функция, бортовая система наблюдения, порог сегментации, итерационный процесс.*

SWARM METHOD (ARTIFICIAL BEE COLONY) THEMATIC SEGMENTATION OF THE MULTIPLIC SEQUENCE OF IMAGES RECEIVED FROM THE OPTICAL-ELECTRONIC SURVEILLANCE SYSTEM

I. Khizhnyak

In the article work to improve the quality of decoding the image obtained from the on-board system of optic-electronic observation proposed to conduct a thematic segmentation of a large-scale sequence of the same image. Well-known approaches to the analysis of large-scale information have been analyzed and it has been established that in the case where small objects with sharp boundaries are present in the image, the exact definition of the boundaries of these objects is complicated. As a method of thematic segmentation of the large-scale sequence of images, it is proposed to select a swarm method intelligence (artificial bee colony). The mathematical formulation of the segmentation of a large-scale sequence of images is presented. It has been established that segmentation threshold is chosen as the optimized parameter, and optimization is to minimize or maximize the target function. As a fitness function, the amount of dispersion is selected within each image segment, while optimizing the segmentation process and defining the threshold is to minimize the fitness function. It has been established that the segmentation process is an iterative process and the results of the iterative process of determining the threshold at some stages of the iteration are given. At each iteration stage, for each agent (bee) the value of the target function is calculated, a comparison of these values is made, a minimum value choice that corresponds to the optimal threshold according to which the sequence of images is segmented. It has been established that the improved swarm method (artificial bee colony) for the thematic segmentation of the large-scale sequence of images obtained from the on-board system of optic-electronic observation is as follows: carrying out each of the images of a large-scale sequence using the artificial bee colony, which consists in determining the optimal threshold, the value of which corresponds to the minimum of the target function; re-scaling of each segmented image to the original scale; calculation of image-filter, calculated as a result of averaging of scalable images for each pixel; finding the pixel product of the image of the filter and the original image with a scale factor (t = 1) and making such a pixel product as a segmented image.

Keywords: *segmentation method, swarm method, artificial bee colony, optic-electronic image, multi-scale sequence, fitness function, on-board surveillance system, segmentation threshold, iterative process.*