

І. А. Хижняк¹, О. М. Маковейчук², Г. В. Худов¹

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

² Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

ІНФОРМАЦІЙНА РОЙОВА ТЕХНОЛОГІЯ ТЕМАТИЧНОГО СЕГМЕНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ЩО ОТРИМАНІ З БОРТОВИХ СИСТЕМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Предметом вивчення в статті є інформаційні ройова технологія тематичного сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження. **Метою** є розробка інформаційної технології сегментування, в основу якої покладений ройовий метод тематичного сегментування оптико-електронного зображення. **Завдання:** аналіз рівнів технології дешифрування оптико-електронного зображення, аналіз основних етапів обробки оптико-електронного зображення та рівнів локалізації об'єктів інтересу на етапі розпізнавання, аналіз основних вимог до тематичних сегментів зображення, аналіз відомих методів та інформаційних технологій сегментування зображень, що отримані з бортових систем спостереження, обґрунтування цільової функції тематичного сегментування та вибору оптимального значення порогу сегментування, розробка інформаційної ройової технології тематичного сегментування зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження, наведення тестового прикладу тематичного сегментування кольорового 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 основним етапом обробки зображень, що отримані з бортових систем спостереження, є етап тематичного сегментування. Встановлено, що у теперішній час невелика кількість досліджень присвячена вирішенню задачі тематичного сегментування зображень, що отримані з бортових систем спостереження. Встановлено, що у якості цільової функції використовується функція, яка визначається як сума дисперсії інтенсивності пікселів в межах кожного тематичного сегменту, а оптимізація полягає у мінімізації цільової функції. В основу інформаційної ройової технології покладені удосконалені методи ройового інтелекту (штучної бджолоїної колонії) тематичного сегментування оптико-електронного зображення та ройового інтелекту (штучної бджолоїної колонії) тематичного сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень. **Висновки.** Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному: підвищення візуальної якості сегментованого зображення, що в подальшому суттєво впливає на вирішення завдання дешифрування зображення.

Ключові слова: бортова систем спостереження, оптико-електронне зображення, тематичне сегментування, інформаційна технологія, ройові методи, штучна бджолоїна колонія, цільова функція, поріг сегментування, оптимізація, багатомасштабна послідовність.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Процес дешифрування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, складається з декількох рівнів та етапів, що ведуть дешифрувальника до розпізнавання об'єктів, а потім до їх загальної оцінки, визначення сутності складного об'єкта і формування інформації про нього [1]. Залежно від властивостей зображення, характеру місцевості і розташованих на ній об'єктів інтересу, кваліфікації дешифрувальника та інших факторів, рівні та етапи дешифрування можуть чітко розділятися чи непомітно переходити з одного в інший [1]. Отже, технологія дешифрування оптико-електронного зображення може бути представлена 4 рівнями [1]:

- 1 рівень – отримання і усвідомлення завдання;
- 2 рівень – структурно-пошуковий аналіз;
- 3 рівень – детальне дешифрування, що вклю-

чає: виділення зон розташування простих об'єктів, уточнення масштабу зображення, вимірювання розмірів об'єктів та відстаней між ними, розпізнавання за розпізнавальними ознаками, порівняння з еталонами, розпізнавання за аналогіями, інтерпретація даних про прості об'єкти, побудова загальної структури складного об'єкта, оцінка стану об'єкта та характеру його діяльності;

– 4 рівень – загальна оцінка ситуації, що включає: узагальнення даних про складний об'єкт, оформлення інформаційно-звітних документів.

Основними задачами, що суттєво впливають на якість процесу дешифрування, є задачі виявлення і розпізнавання компактних (точкових) та складних (групових) об'єктів інтересу. У загальному випадку задача розпізнавання компактних (точкових) об'єктів інтересу на оптико-електронних зображеннях розглядається як задача аналізу різноманітних характеристик пікселів зображення з використанням об'єктно-орієнтованого або піксельно-орієнтованого підходів [2–5]. З точки зору традиційних етапів обробки цифрових зображень і у відповідності до досліджуваних процесів дешифрування основну увагу необхідно приділити етапам виділення ознак об'єктів, виділення та класифікації безпосередньо об'єктів на зображенні при їх розпізнаванні на відповідних рівнях локалізації (рис. 1) [6–8]. В статті основна увага приділяється етапу розробки інформаційної технології тематичного сегментування, яка, у відповідності з рис. 1, включає етапи сегментування, виділення ознак об'єктів інтересу та семантичного сегментування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі методи сегментування зображення базуються на базовій властивості сигналу яскравості – однорідності та розривності [9–11].

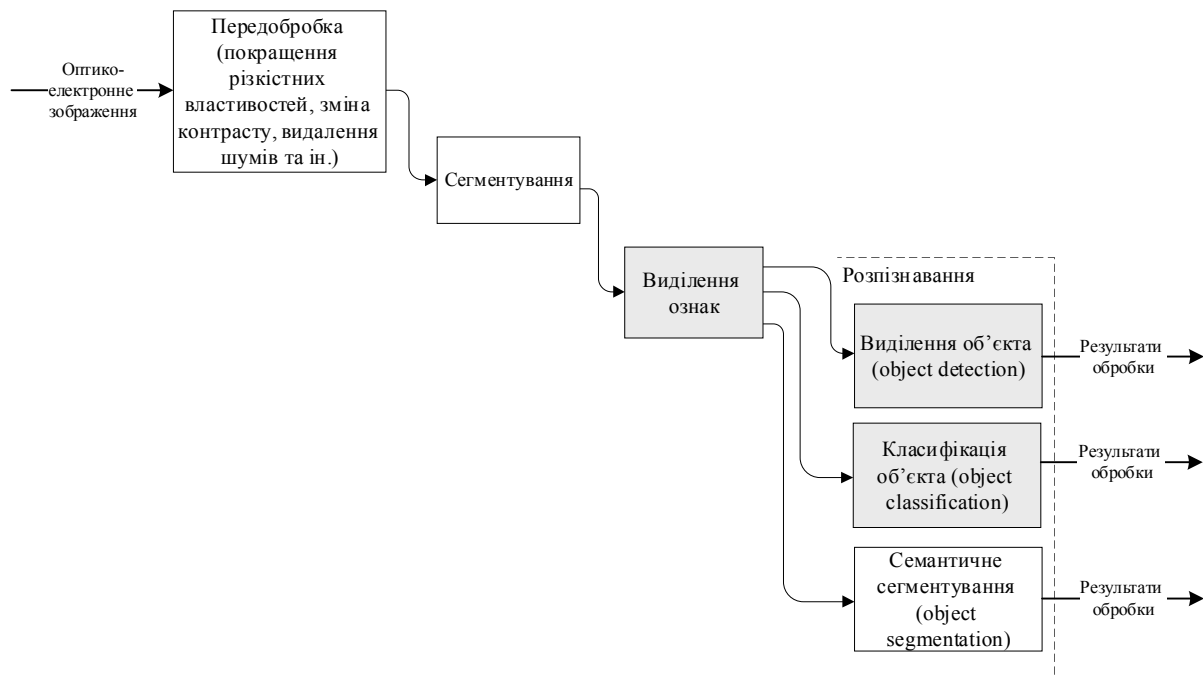


Рис. 1. Етапи обробки оптико-електронних зображень та рівні локалізації об'єктів інтересу на етапі розпізнавання

До областей, що отримані в результаті сегментування оптико-електронного зображення, висуваються такі вимоги [14, 16, 17]:

- області повинні бути однорідні щодо певних характеристик;
- внутрішні частини областей повинні бути простими без великої кількості ядер;
- суміжні області повинні істотно відрізнятися за значеннями обраних характеристик, щодо яких вони вважаються однорідними;
- межі кожного сегменту повинні бути простими, просторово точними.

На практиці при аналізі конкретного зображення виникає необхідність вибору методу сегментування, при цьому доводиться враховувати, як властивості зображення, так і особливості конкретного методу сегментування оптико-електронного зображення. У теперішній час відомі різноманітні методи сегментування [12–14]:

- частотні методи, що засновані на застосуванні двовимірного дискретного перетворення Фур'є;
- метод зворотної проєкції;
- нейромережеві методи;
- метод П.Віоли і М.Джонса;
- метод Н.Далалі і Б.Тріггса;
- ієрархічні методи, засновані на об'єднанні кластерів за принципом їх близькості;
- карти Кохонена, що самоорганізуються;
- виділення контурів на зображенні;
- методи, що засновані на теорії графів та інші.

У теперішній час лише невелика кількість досліджень присвячена вирішенню задачі сегментування зображень, що отримані з бортових систем спостереження [15–21]. Найбільш розповсюдженим є метод поділу та злиття [16–19]. Це пов'язано з низькою трудомісткістю даного методу. У всіх представлених алгоритмах у якості текстурних ознак використовуються бінарні шаблони (Local Binary

Pattern, LBP). В [16] відстань між сегментами визначається за допомогою трьох характеристик, вага яких визначається автоматично: яскравість, текстура та колір. Причому, у якості кольорової характеристики обрана двовірна гістограма тону на насиченості. Метод застосовувався до супутникового зображення, отриманого з космічного апарату QuickBird, розміром (512x512) пікселів. Метод [16] не враховує мультиспектральну складову інформації супутникових даних, що значно обмежує можливості якісного сегментування. Метод [17] передбачає побудову двовірних спектральних та текстурних гістограм за допомогою головних компонент. Метод застосовувався для сегментування мультиспектральних зображень, отриманих з космічних апаратів Ikonos та QuickBird, розміром (256 × 256) пікселів. В [17] відмічається, що параметри текстурних ознак сильно впливають на результат сегментування.

В роботі [18] метод поділу та злиття застосовується без використання стандартних текстурних характеристик. У якості текстурних ознак використовувалась гістограма міток кластерів, що отримані за допомогою нечіткого алгоритму кластеризації Fuzzy ART. Цей метод застосовувався до мультиспектрального зображення, що отримано отриманого з космічного апарату QuickBird, розміром (512 × 512) пікселів. Метод [19] на етапі поділу проводить сегментування зображення за допомогою алгоритму водорозділу. При пороговому об'єднанні сегментів враховуються їх розмір. У якості відстані використовуються відстані між гістограмами кольору та текстури з вагами, що визначаються адаптивно. Метод застосовувався для сегментування зображень, що отримано отриманого з космічних апаратів QuickBird та Spot-5, розміром (400x400) пікселів. Час обробки зображення складає 1 с (методу сегментування JSEG [19] потребується 10 с) (використовувався процесор Intel Core i5, 2,4 ГГц).

В роботах [20, 21] запропоновано декілька спектрально-текстурних методів сегментування супутникових зображень, які засновані на імовірнісно-статистичному підході. В [20] кожен піксель характеризується вектором ознак, що складаються з локальних гістограм фільтрів Габора, лапсасіана та яскравості, що обчислюються для кожного спектрального каналу. Пікселі зображення розглядаються як лінійні комбінації представників класів та відносяться до найбільш схожого представника. Представники можуть бути обрані вручну або знайдені автоматично за допомогою кластеризації методом к-середніх в підпросторі ознак, однак при цьому необхідно задати кількість кластерів. Метод застосовувався до мультиспектрального супутникового зображення, отриманого з космічного апарату Ikonos, розміром (501x501) піксель. Для скорочення обчислення фільтри Габора та лапсасіана розраховувалися тільки для одного каналу пан хроматичного зображення. В результаті було виділено 5 класів: дороги, місця паркування, споруди, дерева і трава. Час обробки зображення склав 150 с (використовувався процесор Intel, 2,6 ГГц). В роботі [20] відмічається, що якість сегментування погіршується при виділенні більшої кількості класів на складних сценах.

Метод [21] у якості ознак використовує фільтри Габора та значення спектральних яскравостей. Виконується кластеризація пікселів в єдиному просторі ознак за допомогою самоорганізуючої карти Кохонена на 40 кластерів. Потім отримані представники кластерів ітеративно об'єднуються ієрархічним методом до отримання заданого числа класів. Метод використовувався для виділення виноградників на мультиспектральному зображенні, що отримано з космічного апарату Spot-5 з розрізненням 2,5 м розміром (1000x1000) пікселів. На відміну від методів поділу та злиття, використання імовірнісно-статистичного підходу дозволяє аналізувати ознаки глобально для всього зображення, що є важливих для великих сцен. Однак цей підхід не враховує взаємне розташування пікселів на зображенні, що знижує робастність сегментування із-за значної локальної зміни спектрально-текстурних характеристик.

В [22] запропоновано інформаційну технологію сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження. В основу інформаційної технології сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, покладено еволюційний метод сегментування зображень та сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень еволюційним методом [22].

Мета статті – розробити інформаційну технологію, в основу якої покладений ройовий метод тематичного сегментування оптико-електронного зображення.

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Поставимо завдання розробки інформаційної технології тематичного сегментування оптико-електронного зображення ройовим методом, у якості

якого виберемо метод штучної бджолиної колонії. Розглянемо спрощену задачу та розглянемо ідеалізований випадок виділення об'єкту інтересу на модельному зображенні (рис. 2), коли розподілення об'єкту і фону розділяються.

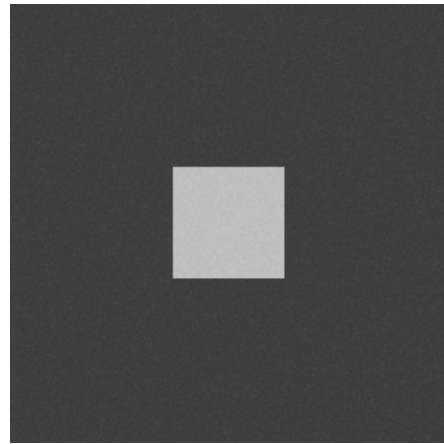


Рис. 2. Модельне зображення об'єкту і фону

Будемо вважати, що інтенсивності пікселів модельного об'єкту (внутрішнього квадрату) і фону розподілені за нормальним розподілом з параметрами:

– для об'єкту: математичне сподівання $\mu_1 = 0,75$, середньоквадратичне відхилення (СКВ) $\sigma_1 = 0,01$;

– для фону: математичне сподівання $\mu_2 = 0,25$, середньоквадратичне відхилення (СКВ) $\sigma_2 = 0,01$.

Тематичне сегментування зображення полягає у визначенні оптимального значення порогу th , що буде розділяти об'єкт від фону. Припустимо, що таке значення порогу знайдено. Тому, бінарізуємо зображення (рис. 1) та розглянемо значення дисперсії інтенсивності підпорогових $D_1(th)$ та надпорогових $D_2(th)$ пікселів як функції від порогу th . Для граничних значень порогу $D_1(th=0) = 0$, $D_2(th=0) = D_0$, $D_1(th=1) = D_0$, $D_2(th=1) = 0$, де D_0 - дисперсія модельного зображення.

Значення D_0 можна легко визначити:

$$D_0 = \frac{s_1\mu_1^2 + s_2\mu_2^2}{s_1 + s_2} - \mu_1^2, \quad (1)$$

де s_1 , s_2 - площини (кількість пікселів) об'єкту і фону відповідно на модельному зображенні (рис. 1).

При умові, що розподіли інтенсивності пікселів не перекриваються, повинно виконуватися умова:

$$(\mu_1 - 3\sigma_1) > (\mu_2 + 3\sigma_2). \quad (2)$$

Тоді:

$$D_1((\mu_2 + 3\sigma_2) < th < (\mu_1 - 3\sigma_1)) = \sigma_2^2, \quad (3)$$

$$D_2((\mu_2 + 3\sigma_2) < th < (\mu_1 - 3\sigma_1)) = \sigma_1^2. \quad (4)$$

Розглянемо функцію $D(th) = D_1(th) + D_2(th)$.
Маємо:

$$D(th = 0) = D(th = 1) = D_0, \quad (5)$$

$$D((\mu_2 + 3\sigma_2) < th < (\mu_1 - 3\sigma_1)) = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 < D_0, \quad (6)$$

тобто в інтервалі значень порогу th , де об'єкт відділяється від фону, $D(th) = \min$.

На рис. 3 зображено вигляд функції $D(th) = D_1(th) + D_2(th)$. Отже, для тематичного сегментування об'єкту та фону доцільно для вирішення оптимізаційної задачі знаходження порогу використовувати у якості цільової функції функцію $D(th)$, а оптимізація полягає у знаходженні мінімального значення цієї функції. Таким чином, для тематичного сегментування об'єкту та фону необхідно знайти значення порогу, що відповідає мінімуму цільової функції, яка визначається як сума дисперсій інтенсивності пікселів в межах кожного тематичного сегменту.

Для знаходження оптимального значення порогу будемо використовувати ройовий метод (штучної бджолоїної колонії), сутність якого викладена в [23-

25]. З урахуванням вищезазначеного, на рис. 4 наведена інформаційна ройова технологія тематичного сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження.

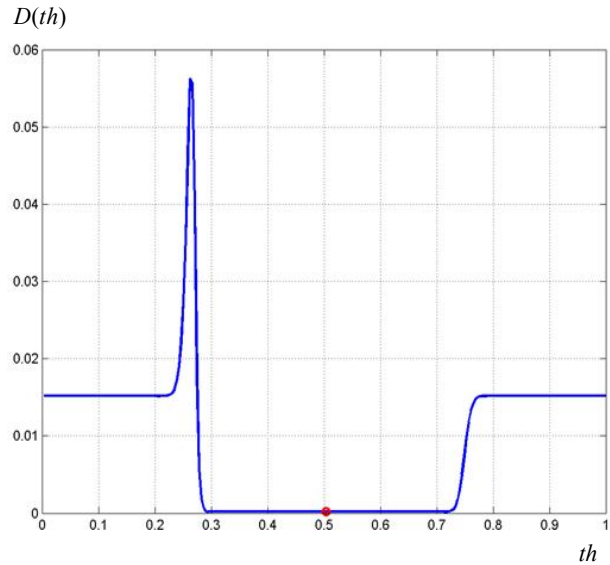


Рис. 3. Вигляд функції $D(th) = D_1(th) + D_2(th)$

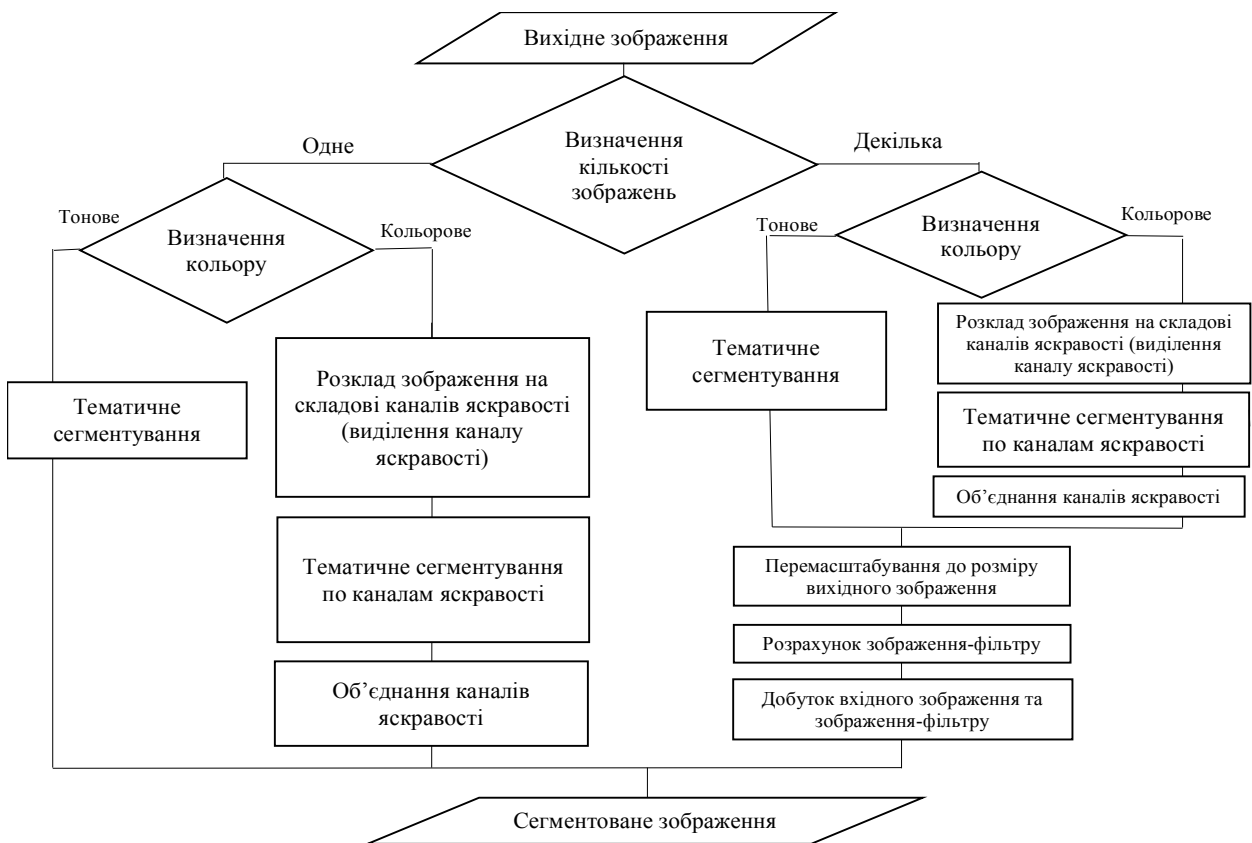


Рис. 4. Інформаційна ройова технологія тематичного сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження

В основу інформаційної ройової технології (рис. 4) покладені удосконалені методи ройового інтелекту (штучної бджолоїної колонії) тематичного сегментування оптико-електронного зображення та ройового інтелекту (штучної бджолоїної колонії) тематичного сегментування багатомасштабної по-

слідовності оптико-електронних зображень. На відміну від відомих, інформаційна ройова технологія враховує вихідні дані, а саме – кількість, масштабність вихідних оптико-електронних зображень, колір представлення зображення (тонове чи кольорове), у випадку кольорового зображення – кольоро-

вий простір представлення зображення. У випадку кольорового зображення проводиться розклад зображення на складові каналів яскравості зображення, тематичне сегментування по кожному з каналів яскравості та подальше об'єднання каналів яскравості та отримання сегментованого зображення.

Тематичне сегментування проводиться удосконаленим методом ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії), в якому, на відміну від відомих, враховані особливості формування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження, тематичне сегментування зведено до сукупності ділянок руху агентів, визначенню їх швидкості, умови зупинки за критерієм мінімуму цільової функції $D(th)$, яка пропорційна сумі дисперсій яскравості пікселів тематичних сегментів на оптико-електронному зображенні.

При сегментуванні багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень використовується удосконалений метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії), в якому, на відміну від відомих, тематичне сегментування зображення кожного масштабу проводиться удосконаленим методом ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії), проводиться перемасштабування багатомасштабної послідовності зображень до вихідного розміру, розраховується зображення-фільтр, де яскравість кожного пікселя визначає міру інформативності вихідного зображення та знаходиться шляхом усереднення яскравості відповідних пікселів зображень кожного масштабу, та знаходиться попіксельний добуток вихідного зображення та зображення-фільтр.

Для прикладу наведемо результат тематичного сегментування кольорового зображення, що представлено в кольоровому просторі RGB (рис. 5).



Рис. 5. Вихідне зображення [26]

Оптимальні значення порогів сегментування для всіх каналів яскравості кольорового простору RGB кольорового зображення (рис. 5) наведені на рис. 6.

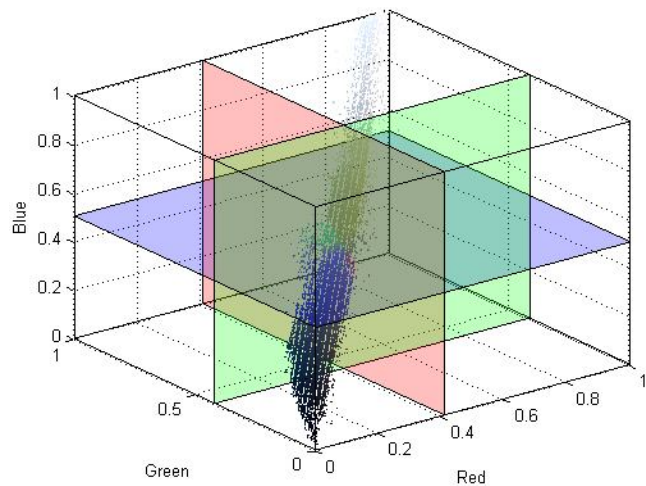


Рис. 6. Оптимальні значення порогу для кожного каналу кольорового простору RGB вихідного зображення (рис. 5)

Результат тематичного сегментування вихідного зображення (рис. 5) з використанням інформаційної ройової технології тематичного сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, наведено на рис. 7.

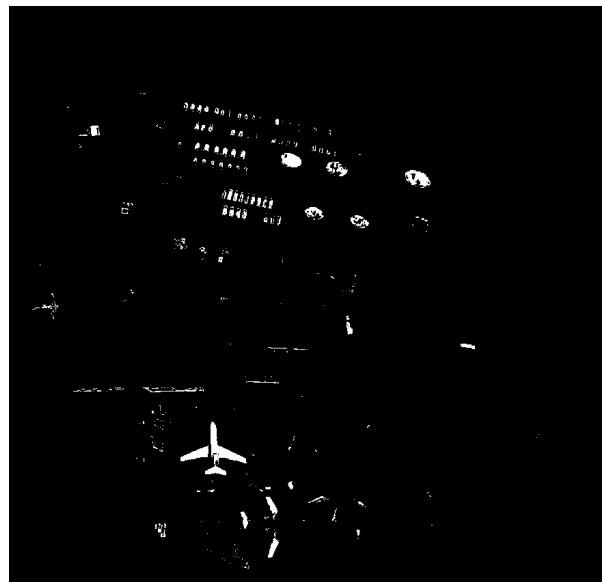


Рис. 7. Сегментоване зображення з використанням інформаційної ройової технології тематичного сегментування

Висновки і напрямки подальших досліджень

В роботі проведено аналіз рівнів технології дешифрування оптико-електронного зображення, аналіз основних етапів обробки оптико-електронного зображення та рівнів локалізації об'єктів інтересу на етапі розпізнавання, аналіз основних вимог до тематичних сегментів зображення, аналіз відомих методів та інформаційних технологій сегментування зображень, що отримані з бортових систем спостереження.

Обґрунтовано вибір цільової функції тематичного сегментування та вибір оптимального значення порогу сегментування.

Встановлено, що у якості цільової функції використовується функція, яка визначається як сума дисперсії інтенсивності пікселів в межах кожного тематичного сегменту, а оптимізація полягає у мінімізації цільової функції.

Розроблено інформаційну роїову технологію тематичного сегментування зображень, що отримані з бортової системи оптико-електронного спостереження.

В основу інформаційної роїової технології покладені удосконалені методи роїового інтелекту (штучної бджолиної колонії) тематичного сегменту-

вання оптико-електронного зображення та роїового інтелекту (штучної бджолиної колонії) тематичного сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень. Наведено тестовий приклад тематичного сегментування кольорового зображення.

В подальших дослідженнях необхідно провести оцінку ефективності розробленої інформаційної роїової технології тематичного сегментування оптико-електронних зображень, що отримані з бортових систем спостереження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лаврінчук О.В. Аналіз технології дешифрування космічних знімків / О.В. Лаврінчук, С.В. Гринюк, М.Ю. Ракушев // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони, 2017. – № 3 (30). – С. 45–49.
2. Попов М.О. Шляхи отримання космічної інформації в інтересах національної безпеки та оборони / М.О. Попов // Наука і оборона, 2003. – № 2. С. 38–50.
3. Ковбасюк С.В. Методичні підходи до процесу дешифрування даних дистанційного зондування Землі середньої розрізненості в інтересах національної безпеки й оборони / С.В. Ковбасюк, Д.Л. Федорчук, Г.Д. Носова // Збірник наукових праць ЖВІ ДУТ, 2015. – Вип. 10. – С. 87–94.
4. Олізаренко С.А. Розробка архітектури нечіткої згорточної нейронної мережі для розпізнавання компактних (точкових) об'єктів на цифровому аерофотознімку / С.А. Олізаренко, В.А. Капранов, Р.В. Сафронов // Системи озброєння та військова техніка, 2016. – Вип. 4 (48). – С. 38–41.
5. Тимочко А.И. Метод дешифрування аэроснимков на основе признакового пространства / А.И. Тимочко, С.А. Олізаренко, О.Ю. Лавров // Системи обробки інформації, 2015. – Вип. 1 (126). – С. 84–87.
6. 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.
7. Попов М.О. Видова космічна розвідка в локальних військових конфліктах / М.О. Попов, М.В. Топольницький, В.О. Подліпаєв // Наука і оборона, 2015. – № 1. – С. 25–35.
8. Шитова О.В. Комплексное дешифрование изображений аэрофоторазведки цифровыми методами / О.В. Шитова // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2014. – №. 1. – С. 78–82.
9. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. Москва: Техносфера, 2005. – 1072 с.
10. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: Учебное пособие / Н.Н. Красильников // Санкт-Петербург: БХВ – Петербург, 2011. – 608 с.
11. Колочкин В.Я. Алгоритмы обработки изображения в системах машинного зрения роботизированных производственных линий / В.Я. Колочкин, К.М. Нгуен, Т.Х. Чан // Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 2014. – № 3. – С. 44–51.
12. Wang Y.S. A New Image Threshold Segmentation based on Fuzzy Entropy and Improved Intelligent Optimization Algorithm / Y.S. Wang // Journal of Multimedia, 2014. – Vol. 9. – № 4. – P. 499–505.
13. Farooque M.Y. Latest trends on image segmentation schemes / M.Y.Farooque, M.S.Raean // International journal of advanced research in computer science and software engineering, 2014. – Vol. 4. – № 10. – P. 792–795.
14. 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.
15. Sarmah S. A grid-density based technique for finding clusters in satellite image / S.Sarmah, D.K.Bhattacharyya // Pattern Recognition Letters, 2012. – Vol. 33. – No. 5. – P. 589–604.
16. Hu X. Automatic segmentation of high-resolution satellite imagery by integrating texture, intensity, and color features / X.Hu, C.V.Tao, B.Prenzel // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2005. – Vol. 71. – No. 12. – P. 1399–1406.
17. Wang A. Segmentation of multispectral high-resolution satellite imagery based on integrated feature distributions / A.Wang, S.Wang, A.Lucieer // International Journal of Remote Sensing, 2010. – Vol. 31. – No. 6. – P. 1471–1483.
18. Wuest B. Region Based Segmentation of Quickbird Imagery Through Fuzzy Integration / B.Wuest, Y.Zhang // Proc. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (IAPRS), 2008. – Vol. 37, part B7. – P. 491–496.
19. Hu Z. A spatially-constrained color–texture model for hierarchical VHR image segmentation / Z.Hu, Z.Wu, Q.Zhang, Q.Fan, J.Xu // Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE, 2013. – Vol. 10. – No. 1. – P. 120–124.
20. Yuan J. Remote sensing image segmentation by combining spectral and texture features / J.Yuan, D.L.Wang, R.Li // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2014. – Vol. 52. – No. 1. – P. 16–24.
21. Senturk, S. Unsupervised classification of vineyard parcels using SPOT5 images by utilizing spectral and textural features / S.Senturk, K.Taşdemir, S.Kaya, E.Sertel // Proc. 2nd International Conference on Agro-Geoinformatics. – IEEE, 2013. – P. 61–65.
22. Рубан І.В. Інформаційна технологія сегментування зображень, отриманих з бортових систем оптико-електронного спостереження / І.В. Рубан., В.Г. Худов, В.О. Подліпаєв // Системи озброєння та військова техніка, 2017. – № 2 (50). – С. 110–113.
23. Хижняк І.А. Сегментування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження, роїовим методом / І.А. Хижняк // Системи озброєння та військова техніка, 2017. – № 2 (50). – С. 140–143.

24. Аналіз відомих методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження / В.Г. Худов, Г.А. Кучук, О.М. Маковейчук, А.В. Крижний // Системи обробки інформації. – 2016. – Вип. 9. – С. 77-80.
25. Метод ройового інтелекту (штучної бджолиної колонії (ABC)) 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. – Вип. 2 (48). – С. 91–96.
26. IKONOS Satellite Image Gallery (Archived) [Електронний ресурс]. – Режим доступу до зображень сайту: <http://www.satimagingcorp.com/gallery/ikonos>.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. К. С. Васюта,
Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків
Received (Надійшла) 19.03.2018
Accepted for publication (Прийнята до друку) 30.05.2018

Информационная роевая технология тематической сегментации изображений, полученных с бортовых систем оптико-электронного наблюдения

И. А. Хижняк, А. Н. Маковейчук, Г. В. Худов

Предметом изучения в статье является информационная роевая технология тематической сегментации изображений, полученных с бортовых систем оптико-электронного наблюдения. **Целью** является разработка информационной технологии сегментации, в основу которой положены роевые методы тематической сегментации оптико-электронного изображения. **Задачи:** анализ уровней технологии дешифрирования оптико-электронного изображения, анализ основных этапов обработки оптико-электронного изображения и уровней локализации объектов интереса на этапе распознавания, анализ основных требований к тематическим сегментам изображения, анализ известных методов и информационных технологий сегментации изображений, полученных с бортовых систем наблюдения, обоснование целевой функции тематической сегментации и выбора оптимального порога сегментации, разработка информационной роевой технологии тематической сегментации изображений, полученных с бортовой системы оптико-электронного наблюдения, демонстрация тестового примера тематической сегментации цветного 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 основным этапом обработки изображений, полученных с бортовых систем наблюдения, является этап тематической сегментации. Установлено, что в настоящее время небольшое количество исследований посвящено решению задачи тематической сегментации изображений, полученных с бортовых систем наблюдения. Установлено, что в качестве целевой функции используется функция, которая определяется как сумма дисперсий интенсивности пикселей в пределах каждого тематического сегмента, а оптимизация заключается в минимизации целевой функции. В основу информационной технологии заложены усовершенствованные методы роевого интеллекта (искусственной пчелиной колонии) тематической сегментации оптико-электронного изображения и роевого интеллекта (искусственной пчелиной колонии) тематической сегментации многомасштабной последовательности оптико-электронных изображений. **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, информационная технология, роевые методы, искусственная пчелиная колония, целевая функция, порог сегментации, оптимизация, многомасштабная последовательность.

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

I. Khizhnyak, A. Makoveychuk, H. Khudov

The **subject matter** of the article is information swarm technology for thematic images segmentation obtained from on-board optical-electronic surveillance systems. The **goal** is to develop of information technology segmentation, which is based on the swarm methods of the thematic optical-electronic image segmentation. The **tasks** to analysis of the levels of optical-electronic image interpretation technology, analysis of the main processing steps of the optical-electronic image and the levels of localization of objects of interest at the recognition stage, analysis of the basic requirements for thematic image segments, analysis of known methods and information technology for segmentation of images obtained from airborne surveillance systems, justification of the fitness function of thematic segmentation and the selection of the optimal segmentation threshold, development of information swarm technologies segmentation obtained from onboard system of optical-electronic observation, demonstration test example thematic color image segmentation. 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 is established that the main stage of image processing obtained from airborne surveillance systems is the stage of thematic segmentation. It is established that at present a small number of studies are devoted to solving the problem of thematic segmentation of images obtained from airborne surveillance systems. It is established that the objective function is a function that is defined as the sum of the pixel intensity dispersions within each thematic segment, and optimization consists in minimizing the objective function. The basis of information technology is based on improved methods of swarm intelligence (an artificial bee colony) for thematic segmentation of the optical-electronic image and swarm intelligence (an artificial bee colony) of thematic segmentation of a multiscale sequence of optical-electronic images. **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, information technology, swarm methods, artificial bee colony, fitness function, segmentation threshold, optimization, multiscale sequence.