

УДК 004.932

І.В. Рубан¹, В.Г. Худов¹, В.О. Подліпаєв²¹ Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків² Військова частина А0515, Київ

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ СЕГМЕНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ОТРИМАНИХ З БОРТОВИХ СИСТЕМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Запропонована інформаційна технологія сегментування зображення, що отримано з бортових систем оптико-електронного спостереження. В основі технології покладено еволюційні методи сегментування та методи сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень еволюційним методом.

Ключові слова: оптико-електронне зображення, сегментування, інформаційна технологія, бортові системи, зображення-фільтр, багатомасштабна послідовність.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. У теперішній час зростання потреби у даних, що отримуються з бортових систем оптико-електронного спостереження, супроводжується [1–4]:

– постійним збільшенням загального обсягу і доступності інформації 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, що отримані з бортових систем спостереження.

Результат обробки зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, залежить від якості методу сегментування зображення, що, в свою чергу, поставляє перед розробниками систем обробки зображень проблему розробки методик, методів та інформаційних технологій сегментування зображень.

При вирішенні завдання сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, можна виділити чотири характерні особливості [5]:

– великий об'єм даних. Сучасні зображення, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження вміщують приблизно 10^6 – 10^8 пікселів;

– відсутність апріорної інформації щодо кількості та імовірнісних характеристиках класів, що присутні на зображенні;

– присутність на зображенні шумів та викидів, що зумовлені функціонуванням знімальної апаратури, умовами знімання та інше;

– наявність значної неоднорідності значень спектральних характеристик.

Наведені особливості зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, висувають наступні вимоги до методів, методик та технологій їх сегментування, а саме:

– висока швидкість при обробці великих масивів даних;

– можливість сумісного використання спектральних та текстурних ознак.

Відомо [6–9], що в теперішній час не існує загальної теорії оптимального представлення та обробки зображень. Вибір конкретної технології обробки зображень залежить від задач, що вирішуються, та вимог, що висуваються до результату обробки. Існує велика кількість практичних задач, що потребують виявлення візуально невидимих областей (об'єктів інтересу) слабконтрастних зображень.

Складність обробки зображень обумовлена:

– по-перше, аномаліями (невеликими областями зображення), які можуть бути прийнятими за шум або дефект зображення;

– по-друге, невідомою формою та нечіткими границями об'єктів інтересу.

Актуальність розробки інформаційної технології сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, обумовлена [10–12]:

– удосконаленням спеціального математичного та програмного забезпечення для автоматизації найбільш складних етапів обробки інформації спостереження;

– зменшенням часу обробки і підвищенням достовірності результуючих документів;

– інтелектуалізацією процесів обробки даних (детальне спостереження об'єктів інтересу, вирішення масштабних тематичних завдань для значних територій).

Аналіз останніх досягнень і публікацій. У теперішній час лише невелика кількість досліджень

присвячена вирішенню задачі сегментування зображень, що отримані з бортових систем спостереження [5; 13–18]. Найбільш розповсюдженим є метод поділу та злиття [13–16]. Це пов'язано з низькою трудомісткістю даного методу. У всіх представлених алгоритмах у якості текстурних ознак використовуються бінарні шаблони (Local Binary Pattern, LBP). В [13] відстань між сегментами визначається за допомогою трьох характеристик, вага яких визначається автоматично: яскравість, текстура та колір. Причому, у якості кольорової характеристик обрана двовірна гістограма тону на насиченості. Метод застосовувався до супутникового зображення, отриманого з космічного апарату QuickBird, розміром (512x512) пікселів. Метод [13] не враховує мультиспектральну складову інформації супутникових даних, що значно обмежує можливості якісного сегментування.

Метод [14] 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 (256x256) пікселів. В [14] відмічається, що параметри текстурних ознак сильно впливають на результат сегментування.

В роботі [15] 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 (512x512) пікселів.

Метод [16] 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 [16] потребується 10 с) (використовувався процесор Intel Core i5, 2,4 ГГц).

В роботах [17–18] запропоновано декілька спектрально-текстурних методів сегментування супутникових зображень, які засновані на імовірно-статистичному підході. В [17] 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 k-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 [12] відмічається, що якість сегментування погіршується при виділенні більшої кількості класів на складних сценах.

Метод [18] 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 імовірно-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.

Таким чином, встановлено, що в теперішній час відсутні інформаційні методики сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження.

Мета статті – запропонувати інформаційну технологію сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження.

Виклад основного матеріалу

В основу інформаційної технології сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, покладемо еволюційний метод сегментування зображень [19] та сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень еволюційним методом [20]. Інформаційна технологія сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, може бути запропонована у наступному вигляді (рис. 1).

Складові, що входять у вирази (1) та (2) розкриті в роботах [19–20].

На рис. 2–4 наведені результати використання інформаційної технології сегментування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження (рис. 1). На рис. 2 наведено вихідне зображення [21].

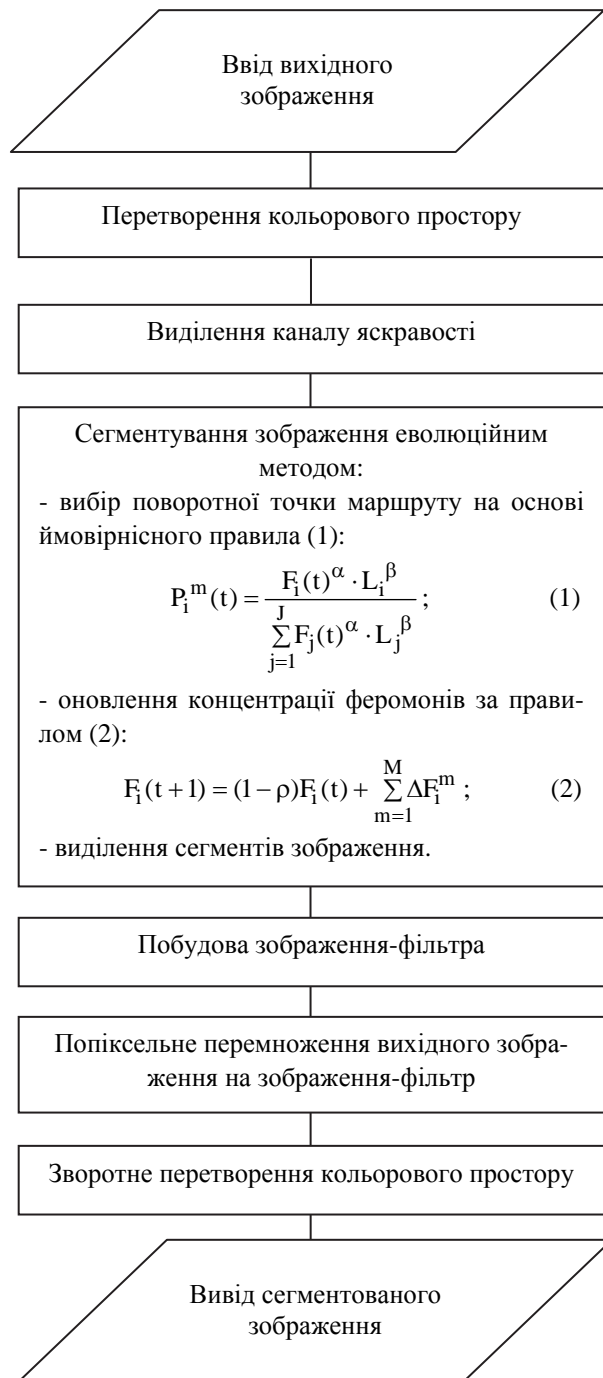


Рис. 1. Інформаційна технологія сегментування зображення, що отримане з бортових систем оптико-електронного спостереження

На рис. 3 – результат сегментування зображення еволюційним методом. На рис. 4 – зображення-фільтр, на рис. 5 – результат попіксельного перемноження вихідного зображення (рис. 2) на зображення-фільтр (рис. 4).

На рис. 5 наведено сегментоване зображення, що отримано в результаті застосування інформаційної технології сегментування зображення (рис. 1).



Рис. 2. Вихідне зображення [21]

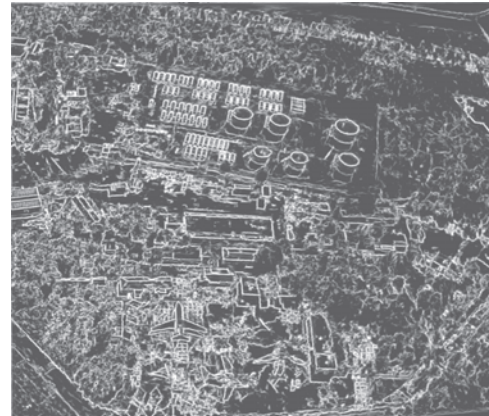


Рис. 3. Результат сегментування вихідного зображення (рис. 2) еволюційним методом

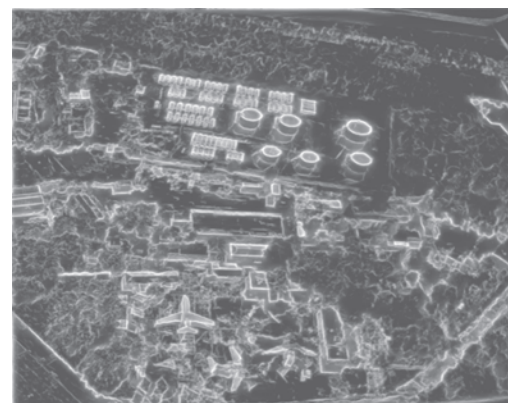


Рис. 4. Результат побудови зображення-фільтра



Рис. 5. Результат попіксельного перемноження вихідного зображення (рис. 2) на зображення-фільтр (рис. 4)

Висновки

Таким чином, запропоновано інформаційна технологія сегментування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження.

Напрямок подальших досліджень є оцінка ефективності застосування запропонованої інформаційної технології сегментування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження.

Список літератури

1. Lindley-French, J. *NATO and New Ways of Warfare: Defeating Hybrid Threats [Text]* / J. Lindley-French. – Rome: NATO Defense College, 2015. – 12 p.
2. Алімнієв А.М. Особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами Збройних Сил України / А.М. Алімнієв, Г.В. Певцов // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2017. – № 2 (27). – С. 19-25.
3. Худов В.Г. Генетичні алгоритми для сегментування зображень систем оптико-електронного спостереження / В.Г. Худов, О.М. Маковейчук // *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. – 2016. – № 2 (23). – С. 142-145.
4. Stephen M. *Dayspring Toward a theory of Hybrid Warfare: the Russian conduct of war during peace [Text]* / M. Stephen. – Denver: Regis University, 2015. – 222 p.
5. Sarmah S. A grid-density based technique for finding clusters in satellite image [Text] / S. Sarmah, D.K. Bhattacharyya // *Pattern Recognition Letters*. – 2012. – Vol. 33. – No. 5. – P. 589-604.
6. Wang Y.S. A New Image Threshold Segmentation based on Fuzzy Entropy and Improved Intelligent Optimization Algorithm [Text] / Y.S. Wang // *Journal of Multimedia*. – 2014. – Vol. 9, № 4. – P. 499-505.
7. Zhu S.J. Rival Penalized Image Segmentation [Text] / S.J. Zhu, J.Y. Zhao, L.J. Guo // *Journal of Multimedia*. – 2014. – Vol. 9, № 5. – P. 736-745.
8. Farooque M.Y. Latest trends on image segmentation schemes [Text] / M.Y. Farooque, M.S. Raean // *International journal of advanced research in computer science and software engineering*. – 2014. – Vol. 4, № 10. – P. 792-795.
9. Choudhary R. Recent trends and techniques in image enhancement using differential evolution – a survey [Text] / R. Choudhary, R. Gupta // *International journal of advanced research in computer science and software engineering*. – 2017. – Vol. 7, № 4. – P. 106-112.
10. Самойленко О. В. Перспективи розвитку наземних комплексів приймання та цифрової обробки матеріалів повітряної розвідки Збройних Сил України [Текст] / О.В. Самойленко, С.О. Пономаренко, М.О. Ладик // *Збір-*

ник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації. – 2016. – Вип. № 12(19). – С. 115-120.

11. Гук А.П. Автоматизація дешифрування знімков. *Теоретические аспекты статистического распознавания образов [Текст]* / А.П. Гук // *Известия высших учебных заведений*. – 2015. – № 65. – С. 166-169.
12. NATO Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (ISR) Interoperability Architecture [Electronic resource] – North Atlantic Treaty Organization. – Access mode: http://www.nato.int/structure/AC/224/standard/AEDP2/AEDP2_Documents/AEDP-02v1.
13. Hu X. Automatic segmentation of high-resolution satellite imagery by integrating texture, intensity, and color features [Text] / X. Hu, C.V. Tao, B. Prenzel // *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. – 2005. – Vol. 71. – No. 12. – P. 1399-1406.
14. Wang A. Segmentation of multispectral high-resolution satellite imagery based on integrated feature distributions [Text] / A. Wang, S. Wang, A. Lucieer // *International Journal of Remote Sensing*. – 2010. – Vol. 31. – No. 6. – P. 1471-1483.
15. Wuest B. Region Based Segmentation of Quickbird Imagery Through Fuzzy Integration [Text] / 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.
16. Hu Z. A spatially-constrained color-texture model for hierarchical VHR image segmentation [Text] / Z. Hu, Z. Wu, Q. Zhang, Q. Fan, J. Xu // *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*. – 2013. – Vol. 10. – No. 1. – P. 120-124.
17. Yuan J. Remote sensing image segmentation by combining spectral and texture features [Text] / J. Yuan, D.L. Wang, R. Li // *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. – 2014. – Vol. 52. – No. 1. – P. 16-24.
18. Senturk S. Unsupervised classification of vineyard parcels using SPOT5 images by utilizing spectral and textural features [Text] / S. Senturk, K. Taşdemir, S. Kaya, E. Sertel // *Proc. 2nd International Conference on Agro-Geoinformatics. – IEEE, 2013. – P. 61-65.*
19. Худов В.Г. Мультиагентний метод сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження / В.Г. Худов // *Системи озброєння та військова техніка*. – 2016. – № 3 (47). – С. 116-119.
20. 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.
21. IKONOS Satellite Images Gallery, Satellite Map [Electronic resource] / Satellite Imaging Corporation. – Access mode: <http://www.satimagingcorp.com/gallery/ikonos>.

Надійшла до редколегії 28.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. К.С. Васюта, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С БОРТОВЫХ СИСТЕМ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

И.В. Рубан, В.Г. Худов, В.А. Подлипаев

Предложена информационная технология сегментации изображений, полученных с бортовых систем оптико-електронного наблюдения. В основу технологии положены эволюционные методы сегментации и методы сегментации многомасштабной последовательности оптико-электронных изображений эволюционным методом.

Ключевые слова: оптико-электронное изображение, сегментация, информационная технология, бортовые системы, изображение-фильтр, многомасштабная последовательность.

INFORMATION TECHNOLOGY OF SEGMENTATION OF IMAGES RECEIVED FROM ON-BOARD OPTICAL-ELECTRONIC OBSERVATION SYSTEMS

I. Ruban, V. Khudov, V. Podlipaev

The information technology of segmentation of images obtained from on-board optical-electronic surveillance systems is proposed. The technology is based on evolutionary methods of segmentation and methods of segmentation of a multiscale sequence of optoelectronic images by an evolutionary method.

Keywords: optical-electronic image, segmentation, information technology, airborne systems, image-filter, multiscale sequence.