

УДК 536.532

В.Г. Худов

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

СЕГМЕНТУВАННЯ БАГАТОМАСШТАБНОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗОБРАЖЕНЬ МУЛЬТИАГЕНТНИМ МЕТОДОМ

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 мультиагентного методу. Проведено експериментальні дослідження щодо сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень мультиагентним методом.

Ключові слова: оптико-електронне зображення, перетворення, ядро, масштабний коефіцієнт, сегментування, метод, агент, рух, поворотна точка, феромон, ділянка, вихідна точка маршруту.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Відомо [1-3], що сегментування зображення, що отримано з бортових систем оптико-електронного спостереження, є розділення зображення на області, що мають приблизно однаковий рівень яскравості (для полу тонових зображень) або однакові кольорові характеристики (для кольорових зображень). Для сегментування зображень (визначення границь або контурів об'єктів розроблено багато методів [4, 5]. Але на зображеннях, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, в більшості присутні контури об'єктів з різними швидкостями зміни яскравості (для полу тонових зображень) або кольору (для кольорових зображень) [1, 2]. У зв'язку з цим, неможливо найкращим чином визначити усі присутні на зображенні границі з використанням якогось конкретного методу сегментування. У зв'язку з цим, для підвищення якості сегментування будемо використовувати методи, які дозволяють побудувати картину контурів об'єктів на зображенні на основі інформації, що отримується в результаті обробки зображень різних масштабів.

Мета статті – провести сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень мультиагентним методом.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Існує декілька підходів до аналізу багато масштабної 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 розрізняються по принципах побудови градієнтного зображення одного масштабу, але при цьому відкритим є питання, яким чином необхідно комбінувати багато масштабну інформацію для побудови кінцевої картини границь. В роботі Бергольма [7] запропоновано метод, який полягає у послідовному аналізі багатомасштабної інформації від грубих масштабів до точних. Та-

кий 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 масштабів до точних є ускладненим, так як на градієнтних зображеннях грубого масштабу виникає значне зміщення положення різних 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 [11-13]. Однак, розроблені в роботах [11-13] методи обробки багатомасштабної послідовності цифрових зображень можуть бути використані при:

- зменшенні часу на розшифровку рентгенографічних знімків зварних з'єднань;
- подавленні шуму на рентгенограмах без внесення додаткових спотворень;
- виділяти дефекти зварних з'єднань;
- виявляти групові дефекти зварних швів;

- проводити якісний аналіз мікроструктури металів;
- відновлювати томографічні зображення по неповним даним.

Але методи, що запропоновані в [11 – 13], не можна напряму використовувати для обробки багатомасштабної послідовності зображень, отриманих з бортових систем оптико-електронного спостереження.

Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

Багатомасштабне перетворення вихідного зображення $f(x, y)$, де (x, y) - просторові координати зображення будемо представляти у вигляді:

$$L(x, y, t) = g(x, y, t) * f(x, y), \quad (1)$$

де $L(x, y, t)$ – багатомасштабне перетворення вихідного зображення $f(x, y)$; $g(x, y, t)$ – ядро перетворення; t – масштабний коефіцієнт; $*$ – оператор згортки.

Необхідно зауважити, що у виразі (1) згортка виконується по просторових координатах (x, y) , а масштабний коефіцієнт t лише указує, для якого масштабу проводиться операція згортки.

Ядро перетворення $g(x, y, t)$ будемо обирати у вигляді гаусіана (2):

$$g(x, y, t) = \frac{1}{2\pi t} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2t}\right). \quad (2)$$

Вибір саме такого виду ядра перетворення обумовлений унікальністю гаусова ядра, яке включає лінійність, інваріантність до здвигу, не посилення локальних екстремумів на вихідному зображенні, інваріантністю до масштабним спотворенням та інваріантністю до обертання зображення [14].

Масштабний коефіцієнт t відіграє роль дисперсії у виразі для гаусіана (2). При $t = 0$ ядро перетворення $g(x, y, 0)$ становиться імпульсною функцією, такою, що $L(x, y, 0) = f(x, y)$, тобто масштабне перетворення вихідного зображення є саме вихідне зображення $f(x, y)$. При збільшенні масштабного коефіцієнта t $L(x, y, t)$ є результат згладжування вихідного зображення $f(x, y)$.

Після отримання багатомасштабного перетворення вихідного зображення $L(x, y, t)$ проведемо сегментування кожного з зображень при різних значеннях масштабного коефіцієнта t . Для проведення сегментування будемо використовувати мультиагентний метод, запропонований в роботі [3].

Отже, в найпростішому випадку сегментування зображення можна представити як сукупність наступних ділянок руху агентів (рис. 1): вихідна точка маршруту (ВТМ), прямі ділянки, кінцева точка маршруту (КТМ). Прямі ділянки проходять через поворотні точки маршруту (ПТМ), в яких відбувається зміна напрямку руху агента. У подальшому вважаємо, що положення ВТМ, КТМ та поворотних точок маршруту повністю визначає маршрут руху агента.

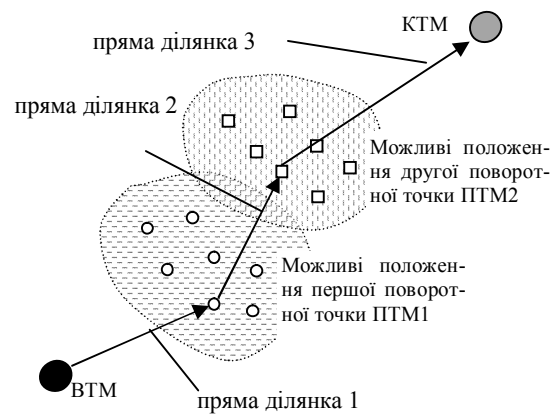


Рис. 1. Приклад представлення маршруту руху агента на зображенні при сегментуванні зображення [3]

Рух по кожній з ділянок маршруту, а також здійснення повороту в вибраних ПТМ, має певні небезпеки та вимагає певних витрат ресурсів, що призводить до наявності переваги одного маршруту руху перед іншим. Оскільки варіантів розташування ПТМ може бути дуже багато, кількість можливих маршрутів руху буде надзвичайно великою, що ускладнює вибір маршруту руху методом перебору. Продемонструємо, як прокласти маршрут руху з використанням простішого ММ (AS методу).

ММ, використаний в [3], оснований на імітації природного механізму пошуку найкоротшого шляху до джерела їжі колонією мурах (агентів). Самоорганізація системи забезпечується низькорівневою взаємодією агентів, при цьому агенти обмінюються тільки локальною інформацією, для передачі якої вони використовують спеціальний секрет, феромон, що відкладається агентом на своєму маршруті. Наступний агент, який буде знаходитись поблизу маршруту руху першого, сприймає феромон та з високою ймовірністю продовжить рух по шляху першого агента, в свою чергу відкладаючи феромон (підвищуючи його концентрацію на маршруті). Чим вище концентрація феромону на маршруті, тим вища привабливість цього маршруту для наступних агентів. Розподіл феромону в навколишньому середовищі являється немовби динамічною пам'яттю системи. Кожний агент в певний момент часу сприймає та змінює одну гратку цієї пам'яті – рівень феромону в околиці точки, в якій агент знаходиться.

Концентрація феромону, відкладеного на маршруті, пропорційна привабливості (якості, ефективності) маршруту. Чим привабливіший буде маршрут, тим більшою буде концентрація феромону на ньому, в результаті кращі маршрути зберігаються в глобальній пам'яті колонії агентів і з вищою ймовірністю будуть обрані наступними агентами.

З часом феромон випаровується, що забезпечує зворотній зв'язок. Оскільки, як зазначено вище, концентрація феромону буде поступово збільшуватись на привабливих маршрутах, а швидкість випаровування феромону є постійною, через деякий час невіддалі маршрути зникнуть, і все більше агентів бу-

дуть здійснювати рух лише по вдалих маршрутах. Використання зворотного зв'язку (випаровування) попереджує завчасну сходимість рішень – вибір агентами одного і того ж субоптимального маршруту.

В простішому ММ в кожній ітерації ітераційного процесу m агентами здійснюється пошук рішення та оновлення феромонів на знайденому маршруті. Кожний m -й агент при сегментуванні зображення починає шлях з ВТМ, послідовно проходить вибрані методом ПТМ і завершує шлях в одній з КТМ. Вибір ПТМ з J можливих здійснюється на основі ймовірного правила, що визначає ймовірність $P_i^m(t)$ переходу m -го агента в i -у ПТМ з врахуванням привабливості i -ї ділянки маршруту L_i та концентрації феромонів на цій ділянці F_i в момент часу t таким чином:

$$P_i^m(t) = F_i(t)^\alpha \cdot L_i^\beta / \sum_{j=1}^J F_j(t)^\alpha \cdot L_j^\beta, \quad (3)$$

де α і β – параметри, що задають вагу феромона і привабливості ділянки, відповідно.

Вважаємо, що привабливість ділянки маршруту L_i в ММ обернено пропорційна затратам на подолання ділянки, тобто

$$L_i = 1/D_i, \quad (4)$$

де D_i – довжина i -ї ділянки маршруту.

На початку ітераційного процесу кількість феромону на ділянках маршруту приймається однаковою і рівною деякому невеликому числу F_0 . Після кожної ітерації концентрація феромонів на вибраних агентами ділянках оновлюється за правилом:

$$F_i(t+1) = (1-\rho)F_i(t) + \sum_{m=1}^M \Delta F_i^m, \quad (5)$$

де $\rho \in [0,1]$ – швидкість випаровування феромону;

ΔF_i^m – концентрація феромону на i -й ділянці маршруту, що створюється проходженням m -го агента.

В результаті проведення певної кількості ітерацій визначаються найпривабливіші за вибраним критерієм маршрути, концентрація феромону на яких максимальна. Феромон на непривабливих маршрутах поступово "висихає" і непривабливі маршрути зникають.

На рис. 2 наведено результати використання ММ для сегментування зображення [3]: рис. 2, а – після проведення 100 ітерацій, рис. 2, б – після проведення 300 ітерацій. Більш краці маршрути позначені більш жирними лініями. Колами відмічені ділянки зображення, де необхідно змінити маршрут руху агентів (їх фізичний смисл необхідно визначити у подальших дослідженнях). З аналізу рис. 2 видно, що після 100 ітерацій рівень феромону на всіх маршрутах значно зменшується внаслідок випаровування (тонші лінії). Після 300 ітерацій крацій маршрут, який і є оптимальним для проведення сегментування, виділяється явно (рис. 2, б).

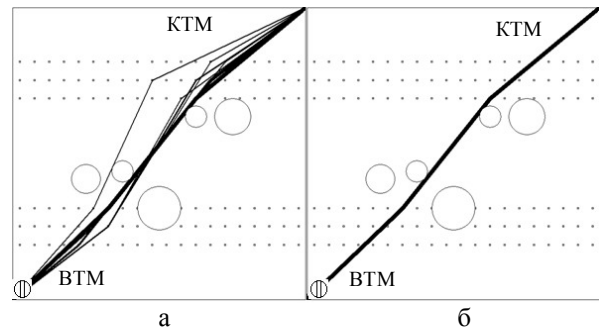


Рис. 2. Результати використання ММ для сегментування зображення [3]: а – після 100 ітерацій; б – після 300 ітерацій

Проведемо сегментування багато масштабної послідовності оптико-електронного зображення мультиагентним методом. У якості вихідного оберемо зображення, наведено на рис. 3 [15]. Після проведення багатомасштабних перетворень у відповідності з виразом (1) та сегментування кожного з отриманих масштабованих зображень мультиагентним методом за виразами (3)-(5), отримаємо результати, наведені на рис. 4 – 6. На рис. 4 наведено результат сегментування з масштабним коефіцієнтом $t = 1$, на рис. 5 – $t = 2$, на рис. 6, а – $t = 4$, на рис. 6, б – $t = 8$.

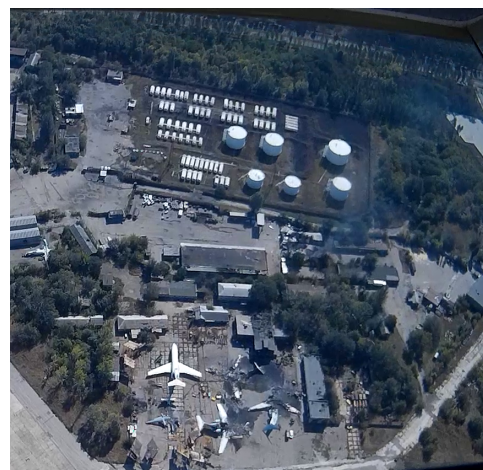


Рис. 3. Вихідне зображення [15]



Рис. 4. Результат сегментування зображення (рис. 3) з масштабним коефіцієнтом $t = 1$

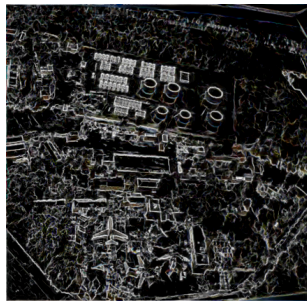


Рис. 5. Результат сегментування зображення (рис. 3) з масштабним коефіцієнтом $t = 2$

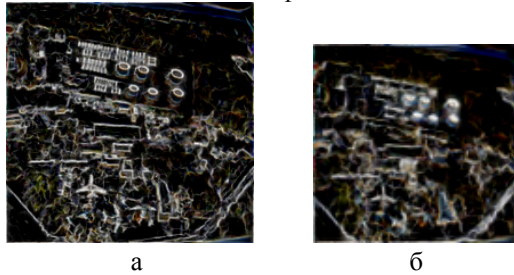


Рис. 6. Результат сегментування зображення (рис. 3) з масштабним коефіцієнтом $t = 4$ (а) та $t = 8$ (б)

Висновок і напрями подальших досліджень

Таким чином, в роботі сегментування багатомасштабної послідовності оптико-електронних зображень мультиагентним методом. У подальших дослідженнях необхідно провести оцінку ефективності запропонованого методу сегментування та його порівняльну оцінку з іншими методами сегментування оптико-електронних зображень.

Список літератури

1. Малогабаритные беспилотные авиационные комплексы (Mini UVS) / Баишинский В.Г., Бзот В.Б. и др. Моногр. – Запорожье: изд. АО «Мотор-Сич», 2014. – 261 с.
2. Барталев С.А. Анализ возможностей применения методов сегментации спутниковых изображений для выявления изменений в лесах / С.А. Барталев, Т.С. Ховратович // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2011. – Т. 8. - № 1. – С. 44-62.
3. Худов В.Г. Мультиагентный метод сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження / В.Г. Худов // Системи озброєння і військової техніки, 2016. – № 3 (47). – С. 116-119.

4. Методы сегментации изображений объектов не-регулярного вида, особенности их применения и перспективы развития / К.С. Смеляков, И.А. Романенко, и др. // Сборник научных работ ХУПС, 2010. – Вып. 2 (24). – С. 92-97.

5. Худов В.Г. Анализ 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. – Х.: ХУПС, 2016. – Вып. 9 (146). – С. 77-80.

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. – PP. 726-741.

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

9. Lacroix V. The Primary Raster: A Multiresolution Image Description / V.Lacroix // Proc. of the 10th Int. 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 // СУИТ. – 2007. – № 3.3 (29). – С. 354-358.

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

13. Жизняков А.Л. Теория и методы обработки многомасштабных последовательностей цифровых изображений в промышленных системах контроля качества: автореферат дис. ... докт. техн. наук: 05.13.01 / Жизняков Аркадий Львович – Владимир, 2008. – 35 с.

14. Uniqueness of the Gaussian kernel for scale-space filtering / J. Babaud, A.P. Witkin, M. Baudin, R.O. Duda // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell., 1986. - № 8. – P. 26-33.

15. Електронний ресурс. Режим доступу <http://www.satimagingcorp.com/gallery/ikonos/>

Надійшла до редколегії 3.03.2016

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

СЕГМЕНТАЦИЯ МНОГОМАСШТАБНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МУЛЬТИАГЕНТНЫМ МЕТОДОМ

В.Г. Худов

Предложено при сегментации оптико-электронных изображений предварительно проводить многомасштабное преобразование изображений. В качестве ядра преобразования выбран гауссиан с соответствующим значением масштабного коэффициента, а метода сегментации – мультиагентный метод. Проведено экспериментальные исследования сегментации многомасштабной последовательности оптико-электронных изображений мультиагентным методом.

Ключевые слова: оптико-электронное изображение, преобразование, ядро, масштабный коэффициент, сегментация, метод, агент, движение, поворотная точка, феромон, участок, исходная точка маршрута.

SEGMENTATION OF MULTILARGE-SCALE SEQUENCE OF OPTIC-ELEKTRONIC IMAGES BY MULTIAGENT METHOD

V.G. Khudov

It is offered to carry out previously at segmentation of optic-electronic images multilarge-scale transformation of images. As a kernel of transformation gets out Gaussian the corresponding value of large-scale factor. As a method of segmentation use of a multiagent method is offered. It is carried out researches of multilarge-scale sequence of optic-electronic images by a multiagent method.

Keywords: optic-electronic image, transformation, kernel, large-scale factor, segmentation method, agent movement, a turning point, a pheromone, a portion of the route starting point.