

УДК 004.932

І.А. Хижняк

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

СЕГМЕНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ, ЩО ОТРИМАНО З БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ, РОЙОВИМ МЕТОДОМ

Викладена сутність простішого ройового методу сегментування оптико-електронного зображення, що отримано з бортової системи спостереження. Проведено експериментальні дослідження щодо застосування ройового методу до сегментування зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження. Проведена візуальна оцінка якості сегментованого зображення та виділені можливі об'єкти інтересу для подальшого дешифрування оптико-електронного зображення.

Ключові слова: оптико-електронне зображення, сегментування, ройовий метод, бортова система, дешифрування, об'єкти інтересу.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді.

У теперішній час результат обробки зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження, залежить від якості методу сегментування зображення [1–3]. Основна складність при сегментуванні зображення – врахування різних додаткових факторів: різномірний фон, варіабельність різних частин зображення, наявність шумів [3]. У зв'язку з цим, при використанні відомих методів сегментування зображення не завжди вдається забезпечити стійкість методів сегментування до варіацій різних параметрів зображення (топологічних, геометричних, фотометричних).

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Відомо [3–7], що існують різноманітні класифікації методів сегментування. В загальному випадку розглядають класифікацію методів сегментування, за якою вони розділяються на три групи: статистичні, структурно-ознакові та змішані. У зв'язку з існуванням величезної кількості методів сегментування у кожній з цих груп набувають популярності класифікації методів за різноманітними характеристиками. Наприклад, за режимами обробки (real time, soft regime, online mode, intelligent analysis), за входними даними (окреме зображення, масив зображень чи потік зображень), за спеціалізацією (виділення строго визначених об'єктів) і інше. Не менш популярною є класифікація методів, як таких, які базуються на машинному навчанні, так і таких, які не використовують його. Принциповою відмінністю в останній класифікації методів є існування різноманітних витрат на процедури навчання при забезпеченні високої якості сегментування на етапі використання.

Основні дослідження в роботі зосереджені в області методів сегментування, які не базуються на машинному навчанні. Існуючі на сьогодні методи, що не базуються на машинному навчанні, можна умовно розбити на 5 класів [3; 8–10]:

– методи, які базуються на використанні ентропії;

- методи, які базуються на кластеризації;
- атрибутивні методи;
- гістограмні методи;
- локально порогові методи;
- кореляційні методи.

Відсутність процедури навчання робить ці методи достатньо швидкими з точки зору програмної реалізації. Проте, для успішного їх використання необхідно враховувати притаманні їм обмеження і недоліки.

Наведені вище відомі методи сегментування зображень не можуть бути напряму застосовані до сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження. Однією з причин неможливості прямого застосування є те, що відомі методи не враховують особливості формування зображень, що отримані з бортових систем. До того ж при цьому виникають три основні види недоліків сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження [3; 7–8]:

- неправильне сегментування, коли контури розподілу не співпадають з границями об'єктів на зображенні;
- пересегментування, коли має місце збільшений розподіл зображення на області;
- недосегментування, коли має місце недостатній розподіл зображення на області.

В теперішній час для вирішення різних завдань, що виникають при обробці зображень, в тому числі і для сегментування зображень, використовуються генетичні методи, наприклад [3; 11]. Генетичні методи – самостійний розділ теорії штучного інтелекту – еволюційних обчислень, які засновані на математичному моделюванні процесів біологічної еволюції. Генетичні методи застосовуються для вирішення оптимізаційних завдань комбінаторики, біоінформатики, теорії ігор, обробки і розпізнавання образів, зокрема зображень.

При використанні генетичних методів пошук рішення проходить на підмножині точок простору пошуку, що досягається створенням множини потенційних рішень, яке формує популяцію. Популяція удосконалюється за допомогою генетичних операторів

рів, які відповідають за змінність та фітнес-функції, що моделюють природний відбір. Спадщина забезпечується тим, що нові хромосоми формуються з хромосом попереднього покоління i , відповідно, мають загальні з ними гени. Якщо генетичний метод реалізований коректно, то з кожним новим поколінням середнє значення фітнес-функції популяції та найкраще значення фітнес-функції зростають в сторону глобального оптимуму. В теперішній час генетичні методи застосовуються для вирішення завдання сегментування медичних зображень [11]. Для вирішення завдання сегментування медичних зображень також використовуються еволюційні методи [12–15].

Відомі еволюційні методи сегментування медичних зображень [12–15] не можуть бути використані для сегментування оптико-електронних зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження. По-перше, це пов'язано з різними умовами формування зображень та інформаційною складовою, що представлена на зображенні. По-друге, це пов'язано з різними завданнями, що вирішуються при обробці зображень.

В роботі [16] теоретично обґрунтувати можливість використання ройових методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження.

Мета статті – застосувати ройовий метод, що обґрунтований в роботі [16] до сегментування зображення, яке отримане з бортової системи оптико-електронного спостереження.

Виклад основного матеріалу

Простіший ройовий метод використовує рій частинок, поведінка якої в гіперпросторі пошуку рішення увесь час підлаштовується у відповідності зі своїм досвідом та досвідом своїх сусідів [16]. Окрім того, кожна частинка пам'ятає свою кращу позицію з досягнутим локальним найкращим значенням цільової (фітнес-) функції та знає найкращу позицію частинок – своїх сусідів, де досягнуто глобальний на поточний момент оптимум. У процесі пошуку частинки рою 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 частинкам і негайно корегується у тому випадку, коли деяка частинка рою знаходить кращу позицію з результатом, що перевершує поточний глобальний оптимум. Кожна частинка зберігає значення координат своєї траєкторії з відповідними кращими значеннями цільової функції, які позначимо y_i , котра відображає когнітивну компоненту. Аналогічно значення глобального оптимуму, яке досягнуте частинками рою, будемо позначати \hat{y}_i , що відображає соціальну компоненту. Таким чином, кожна частинка рою підпорядковується

достатньо простим правилам поведінки, які формально викладаються нижче та враховують локальний успіх кожної особи та глобальний оптимум усіх осіб (або деякої кількості сусідів) рою.

Кожна i -та частинка має такі характеристики, як швидкість $v_i(t)$ та місцезнаходження $x_i(t)$ у момент часу t [16]. Місцезнаходження частинок змінюється у відповідності з виразом (1):

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1), \quad (1)$$

де $x_i(0) \in [x_{\min}, x_{\max}]$.

Процесом пошуку рішення управляє вектор швидкості $v_i(t+1)$. Даний вектор складається з компонент, для розрахунку яких використовується когнітивна й соціальна складові рою (вираз (2)):

$$v_{ij}(t+1) = wv_{ij}(t) + c_1r_{1j}(t)[y_{ij}(t) - x_{ij}(t)] + c_2r_{2j}(t)[\hat{y}_j(t) - x_{ij}(t)], \quad (2)$$

де w – коефіцієнт інерції (емпіричний коефіцієнт); $v_{ij}(t)$ – j -та компонента швидкості ($j=1, \dots, n_x$) частинки i в момент t ; $x_{ij}(t)$ – j -та координата позиції частинки i ; c_1 та c_2 – коефіцієнти прискорення (позитивні); $r_{1j}(t), r_{2j}(t) \in [0, 1]$ – випадкові величини від $[0, 1]$, задача яких вносити випадковість в процес пошуку; $y_{ij}(t)$ – найкраща позиція частинки i по координаті j .

Коефіцієнт c_1 є когнітивним (пізнавальним) параметром, що відображає довіру частинки до її особистого минулого, коефіцієнт відповідає за виявлення нових областей в просторі пошуку. Коефіцієнт c_2 є соціальним параметром, що показує, наскільки частинка довіряє рою, коефіцієнт відповідає за дослідження околиць перспективної області, що знайдена раніше.

Коефіцієнт інерції (емпіричний коефіцієнт) w відповідає за зміну швидкості та управляє виявленням нових областей та пошуком в околицях перспективної області.

Для задачі мінімізації краща позиція (g_{best}) в момент $(t+1)$ розраховується наступним чином (вираз (3)):

$$y_i(t+1) = \begin{cases} y_i(t), & \text{if } f(x_i(t+1)) \geq f(y_i(t)) \\ x_i(t+1), & \text{if } f(x_i(t+1)) < f(y_i(t)) \end{cases}, \quad (3)$$

де $f: \mathbb{R}^{n_x} \rightarrow \mathbb{R}$ – цільова функція, яка визначає, наскільки поточне рішення близьке до оптимального;

$\hat{y}_j(t)$ (p_{best}) в момент t розраховується як (вираз (4)):

$$\hat{y}_j(t) \in \{y_0(t), \dots, y_{n_s}(t)\} | f(\hat{y}_j(t)) = \min \{f(y_0(t)), \dots, f(y_{n_s}(t))\}, \quad (4)$$

де n_s – загальне число частинок рою.

Дані дії повторюються з кожною частинкою під час пошуку. Приріст швидкості є величиною фіксованою, що забезпечує сходимість методу. Обчислення повторюються до тих пір, поки не буде досягнута задана кількість ітерацій або до тих пір, поки приріст швидкості не стане достатньо близьким до нуля. Якість частинок вимірюється цільовою (фітнес) функцією, яка відображає оптимальність відповідного рішення. Вибір цільової функції для сегментування оптико-електронних зображень не розглядається в роботі, а є предметом подальших досліджень. Наприклад, в роботі [16] цільова функція при вирішенні задачі кластеризації мульти-спектрального знімку визначається виразом (5):

$$f(x_i, Z) = w_1 \bar{d}_{\max}(Z, x_i) + w_2 (z_{\max} - d_{\min}(x_i)), \quad (5)$$

де z_{\max} – максимальне значення пікселя в мультиспектральному зображенні; Z – матриця належності пікселів кластерам частинки i .

Кожен елемент z_{ijp} показує, чи належить піксель z_p кластеру c_{ij} частинки i . Константи w_1 та w_2 є визначеними. Максимальна евклідова відстань від частинки до асоційованих з ними кластерів визначається за виразом (6):

$$\bar{d}_{\max}(Z, x_i) = \max_{j=1 \dots N_c} \left\{ \sum_{z_p \in c_{ij}} d(z_p, m_{ij}) / |c_{ij}| \right\}, \quad (6)$$

де $|c_{ij}|$ – потужність множини c_{ij} .

Мінімальна евклідова відстань між усіма парами кластерів визначається виразом (7):

$$d_{\min}(x_i) = \max_{j_1, j_2, j_1 \neq j_2} \{d(m_{j_1}, m_{j_2})\}, \quad (7)$$

де m_{j_i} відповідає вектору центру j -го кластеру i -ї частинки.

Цільова функція (5) забезпечує виконання двох оптимізаційних задач:

– зведення до мінімуму внутрішніх відстаней між пікселями кластерів та їх середніми $\bar{d}_{\max}(Z, x_i)$;

– зведення до максимуму зовнішніх відстаней міжлюбими парами кластерів, що забезпечується $d_{\min}(x_i)$.

Пріоритети між наведеними задачами можуть бути визначені за рахунок коефіцієнтів w_1 та w_2 .

На рис. 1 наведено вихідне зображення, що отримано з бортової системи оптико-електронного спостереження [17]. На рис. 2 наведено сегментоване ройовим методом зображення, на якому виділені можливі об'єкти інтересу.

ВИСНОВКИ

Таким чином, в роботі застосований ройовий метод, що обґрунтований в роботі [16] до сегментування зображення, що отримане з бортової системи оптико-електронного спостереження.

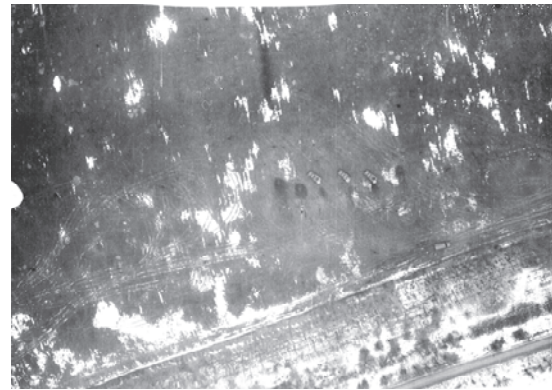


Рис. 1. Вихідне зображення [17]



Рис. 2. Результат сегментування вихідного зображення (рис. 1) ройовим методом з можливими об'єктами інтересу

На рис. 3 можливі об'єкти інтересу показані у збільшеному масштабі.

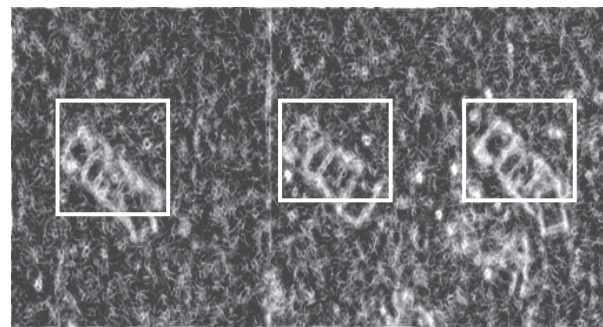


Рис. 3. Можливі об'єкти інтересу у збільшеному масштабі

Напрямами подальших досліджень є:

– формулювання критерію і оцінка ефективності ройового методу сегментування зображення, що отримане з бортової системи оптико-електронного спостереження;

– порівняння ройового методу сегментування з відомими методами сегментування оптико-електронних зображень;

– розробка методів зменшення на сегментованому зображенні областей з великою кількістю виділених контурів об'єктів малого розміру для більш ефективного дешифрування об'єктів інтересу.

Список літератури

1. Алімпієв А.М. Особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами Збройних Сил України / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2 (27). – С. 19-25.
2. Алімпієв А.М. Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка Збройних Сил Російської Федерації / А.М. Алімпієв, Г.В. Певцов, Д.А. Гриб; ред. Алімпієв А.М. – Х.: Оригінал, 2015. – 732 с.
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. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Faroogue M.Y. Latest trends on image segmentation schemes [Text] / M.Y. Faroogue, 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. Sezgin M. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation [Text] / M. Sezgin, B. Sankur // Journal of Electronic Imaging. – 2004. – № 13. – P. 146-165.
11. Badiger S. Medical imaging techniques in clinical medicine / S. Badiger, P.T. Akkasaligar [Text] // International journal of medical, health, pharmaceutical and biomedical engineering. – 2014. – Vol. 8, № 11. – P. 797-800.
12. Махно Т.А. Параметризація схем обробки УЗІ сонних артерій при помощи еволюционных алгоритмов [Текст] / Т.А. Махно // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2015. – №5 (114). – С. 57-60.
13. Білінський Й.Й. Метод виділення контуру на слабкоконтрастних розмитих зображеннях [Текст] / Й.Й. Білінський, П.М. Ратушний // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 3. – С. 164-169.
14. Скобцов Ю.А. Сегментация изображений методом муравьиных колоний [Текст] / Ю.А. Скобцов, С.А. Эль-Хатиб, А.И. Эль-Хатиб // Вестник Херсонского Национального Технического Университета. – 2013. – №1(46). – С. 204-211.
15. Ayman El-Baz Biomedical image segmentation: advances and trends [Text] // El-Baz Ayman, X. Jiang, J.S. Suri. – US: CRC Press. – 2016. – 546 p.
16. Худов В.Г. Ройовий метод сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження [Текст] / В.Г. Худов, І.А. Хижняк, О.А. Петров // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2017. – Вип. 3 (43). – С. 34-37.
17. IKONOS Satellite Images Gallery, Satellite Map [Electronic resource] / Satellite Imaging Corporation. – Access mode: <http://www.satimagingcorp.com/gallery/ikonos>.

Надійшла до редколегії 26.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. Г.В. Худов, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО С БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ, РОЕВЫМ МЕТОДОМ

И.А. Хижняк

Изложена сущность простейшего роевого метода сегментации оптико-электронного изображения, полученного с бортовой системы наблюдения. Проведены экспериментальные исследования по применению роевого метода к сегментации изображения, полученного с бортовой системы оптико-электронного наблюдения, Проведена визуальная оценка качества сегментированного изображения и выделены возможные объекты интереса для последующего дешифрирования оптико-электронного изображения.

Ключевые слова: оптико-электронное изображение, сегментация, роевой метод, бортовая система, дешифрирование, объекты интереса.

SEGMENTATION OF THE IMAGE RECEIVED FROM THE ON-BORNE OPTICAL-ELECTRONIC OBSERVATION SYSTEM, SWARM METHOD

I. Khizhnyak

The essence of the simplest swarm method of segmentation of the optoelectronic image obtained from the on-board observation system is expounded. Experimental studies on the application of the swarm method to the segmentation of an image from an onboard optical-electronic surveillance system were carried out. A visual assessment of the quality of the segmented image was made and possible objects of interest were identified for subsequent de-encryption of the optoelectronic image.

Keywords: optical-electronic image, segmentation, swarm method, on-borne system, deciphering, objects of interest.