

УДК 536.532; 621.396

В.Г. Худов<sup>1</sup>, О.М. Маковейчук<sup>2</sup><sup>1</sup> Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>2</sup> Національний університет «Львівська політехніка», Львів

## ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ ДЛЯ СЕГМЕНТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ СИСТЕМ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

Розглянуто особливості отримання зображення в сучасних оптико-електронних системах спостереження. Проаналізовано відомі методи сегментації, які базуються не на машинному навчанні. Запропоновано використання генетичних алгоритмів для обробки зображення, наведено робота простого генетичного алгоритму, визначені напрямки подальшого дослідження щодо використання генетичних алгоритмів для сегментування оптико-електронного зображення.

**Ключові слова:** генетичний алгоритм, сегментування, зображення, спостереження, безпілотний літальний апарат, хромосома, кросинговер набір ознак.

### Вступ

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Досвід останніх збройних конфліктів, гібридних війн, ведення антитерористичної операції (АТО) на території Донецької та Луганської областей показує, що основними засобами ведення розвідки є безпілотні літальні апарати (БЛА) та космічні системи спостереження [1 – 9]. За допомогою інформації БЛА та космічних систем спостереження може бути вирішено [1, 10 – 12]: 80-85% розвідувальних завдань; 50-60% завдань по забезпеченню охорони; 40-50% по забезпеченню бойового ураження.

В сучасних умовах до інформації, що отримана за допомогою указаних систем оптико-електронного спостереження висуваються вимоги по достовірності, оперативності та якості. У зв'язку з цим, здійснюється постійне удосконалення як спеціалізованої знімальної апаратури, так і її носіїв, і, як слідство, збільшення потоку інформації [7, 8, 10, 13].

Процес отримання оптико-електронного зображення супроводжується впливом таких негативних факторів, як рух та вібрація знімальної апаратури, ненормовані умови освітлення, різного роду спотворення, перешкод при передачі даних та інше [10, 11, 13]. В таких умовах актуальним є питання якісної обробки оптико-електронних зображень, одним з основних етапів якої є сегментування зображення.

**Мета статті** – аналіз генетичних алгоритмів сегментування зображення оптико-електронних систем спостереження.

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Задача сегментування у переважній більшості випадків визначається потребою виокремити об'єкт чи об'єкти на зображенні. Характерною особливістю цих областей є забезпечення виконання наперед визначеного критерію на усіх чи майже усіх пікселях сегментованої ділянки. Наявність критерію і умова його виконання визначають поняття однорідності сегментованої ділянки

і зв'язності множини елементів зображення. Наприклад найбільш яскравим показником критеріальної ознаки є так звана порогова сегментація, за якою порівнюються значення функції інтенсивності із заданим значенням (порогом), що дає можливість розбити вхідний клас на групу класів (сегментів).

Методи сегментації, які не базуються на машинному навчанні, можна умовно розбити на 5 класів [14]:

- методи, які базуються на використанні ентропії (алгоритми Pun, Kapur, Li, Shanbak, Yen, Brink, Sahoo, Cheng) [15-17];

- методи, які базуються на кластеризації (алгоритми Riddler, Lloyd, Kittler, Yani, Yawahar) [18-20];

- атрибутивні методи (алгоритми Tsai, Cheng, Hertz, O'Gorman, Huang, Picaz, Leug) [21, 22];

- гістограмні методи (алгоритми Rosenfeld, Sezan, Otsu, Carlotto&Olivo, Ramesh, Gui&Kai) [23];

- локально порогові методи (алгоритми Yasuda, White, Niblack, Benrsen, Palumbo, Yanowitz, Kamel, Ob, Sauvola) [24, 25];

- кореляційні методи (алгоритми Pal, Abutaleb, Chang, Beghdadi, Friel) [26, 27].

У наведеній класифікації приводяться основні (без модифікацій) методи сегментації за авторами їх розроблення. Відсутність процедури навчання робить усі ці методи достатньо швидкими в реалізації та роботі. Проте указаним вище відомим методам притаманні обмеження і недоліки, які обмежують їх використання, з урахуванням особливостей отримання зображень оптико-електронних систем спостереження .

### Постановка задачі та викладення матеріалів дослідження

В теперішній час для вирішення різних завдань, що виникають при обробці зображень, використовуються генетичні алгоритми, наприклад [28 – 30]. Генетичні алгоритми – самостійний розділ теорії штучного інтелекту – еволюційних обчислень, які засновані на математичному моделюванні про-

цесів біологічної еволюції. Генетичні алгоритми застосовуються для вирішення оптимізаційних задач, їх предметна область включає проблеми комбінаторики, біоінформатики, теорії ігор, а також – обробка і розпізнавання образів, зокрема зображень.

При використанні генетичних алгоритмів пошук рішення проблеми проходить на підмножині точок простору пошуку, що досягається створенням множини потенційних рішень, яке формує популяцію. Популяція удосконалюється за допомогою генетичних операторів, які відповідають за змінність та фітнес-функції, які моделюють природний відбір. Спадщина забезпечується тим, що нові хромосоми формуються з хромосом попереднього покоління і, відповідно, мають загальні з ними гени. Якщо генетичний алгоритм реалізований коректно, то з кожним новим поколінням середнє значення фітнес-функції популяції та найкраще значення фітнес-функції зростають в сторону глобального оптимуму.

Для правильної роботи генетичного алгоритму необхідно обрати кодування даних і фітнес-функцію [28]. Кодування даних – спосіб представлення потенційного рішення. Передбачається, що потенційне рішення можна представити у вигляді параметрів (генів), які можна з'єднати в прості структури даних (хромосоми). Традиційно гени кодуються двоїчними числами, і хромосоми представляють собою бінарні строки. Крім того, гени можуть бути представлені за допомогою алфавіту з більшою розмірністю або числами з плаваючою точкою [28], а хромосоми можуть бути представлені, наприклад, як дерева або матриці [28]. Фітнес-функція є цільовою функцією, яка для вирішення кожної задачі обирається індивідуально. Роботу простого генетичного алгоритму можна представити таким чином [28].

1. Створюється початкова популяція (набір хромосом), звичайно випадковим чином. Обчислюється фітнес-функція кожної хромосоми популяції та середня адаптивність популяції. Встановлюється рахунок епох.

2. Нарощується рахунок епох, за допомогою оператора репродукції формується проміжна популяція – популяція батьків з урахуванням їх адаптації.

3. Формується наступне покоління. Випадковим чином з проміжної популяції обирається пара батьків, з заданою імовірністю проводиться над генотипами обраних хромосом кросингвер, обирається один з потомків. До нього послідовно застосовується оператор інверсії, а потім – мутації з заданими ймовірностями. Отриманий генотип потомка зберігається в новій популяції.

4. Якщо в проміжному поколінні ще є батьки, то здійснюється повернення до пункту 3, в противному випадку – пункт 5.

5. Якщо рахунок поколінь досяг заданого значення, то здійснюється перехід до пункту 6, якщо ні, то здійснюється перехід до пункту 2.

6. Вибір найкращих рішень, кінець роботи.

З наведено вище генетичного алгоритму видно, що основними генетичними операторами є репродукція, кросингвер, мутація та інверсія. Репродукція – процес формування проміжного покоління [28]. Біологічний зміст кросингверу – передача ознак батьків потомкам [28]. Простий оператор кросингверу виконується таким чином [28]. Обираються 2 хромосоми:

$$A = a_1, a_2, a_3, \dots, a_L, \quad (1)$$

$$B = a'_1, a'_2, a'_3, \dots, a'_L, \quad (2)$$

де  $L$  - довжина хромосоми, обирається точка кросингверу -  $k$ . Дві нові хромосоми формуються з  $A$  і  $B$  (вирази (1), (2)) таким чином: частина хромосоми  $A$  до точки кросингверу сполучається з частиною хромосоми  $B$  після точки кросингверу та формує першу хромосому-потомок, і, аналогічно, частину хромосоми  $B$  до точки кросингверу сполучається з частиною хромосоми  $A$  після точки кросингверу і формує другу хромосому-потомок:

$$A' = a_1, a_2, a_3, \dots, a_k, a'_{k+1}, a'_{k+2}, a'_{k+3}, \dots, a'_L, \quad (3)$$

$$B' = a'_1, a'_2, a'_3, \dots, a'_k, a_{k+1}, a_{k+2}, a_{k+3}, \dots, a_L. \quad (4)$$

Оператор мутації призначений для того, щоб підтримувати різноманітність складу популяції, який реалізується наступним чином: в кожній строчці мутації довільний біт з імовірністю  $P_m$  змінюється на протилежний. При виконанні оператора інверсії хромосома розбивається на дві частини, які потім змінюються місцями. Як правило, імовірність використання операторів мутації та інверсії досить мала (приблизно 0,0001) [28]. Використання генетичних алгоритмів для обробки та розпізнавання зображень розглянуто в [28]. Так, в [28] розглянуто підхід автоматичної розмітки сцени за допомогою генетичних алгоритмів. Комбінація використання семантичних мереж для представлення обмежень області і нечіткої логіки для досягнення відповідності міток цим обмеженням породили нову стратегію обчислення фітнес-функцій для роботи генетичних алгоритмів. В [28] показано можливість використання даного підходу для ідентифікації знімків хмар на мультиспектральних супутникових знімках.

Можливість використання адаптивного генетичного алгоритму для вирішення задачі сегментування кольорового зображення, ускладненого необхідністю прийняття рішення щодо оптимальної кількості сегментів і точного визначення текстурних областей розглянуто в [28]. Так як в багатьох випадках при сегментуванні топологічним областям можуть бути поставлені у відповідність області ознак, дану задачу можна вирішити як оптимізаційну і використати генетичні алгоритми для кластеризації невеликих районів простору ознак [28]. В [28] також проаналізовані роботи, що присвячені використанню генетичних алгоритмів для вирішення наступних задач обробки зображень:

- квантування зображення з використанням комбінованого генетичного алгоритму, який об'єднує традиційний генетичний алгоритм і метод опти-

мального квантування зображення;

- визначення різних класів текстури на зображенні по їх кореляції зі спектром Фур'є. При цьому генетичний алгоритм використовується для вибору оптимальної маски із множини можливих, що використовується для сегментування магнітно-резонансних зображень мозку [28];

- поєднання етапів сегментування і розпізнавання зображення за допомогою генетичного алгоритму. Пошук ведеться на просторі можливих сегментів зображення, які порівнюються з шаблонними сегментами;

- оптимального визначення набору ознак для класифікації з метою розпізнавання зображення;

- розпізнавання образів на зображенні з використанням класифікатора Байєса.

## Висновки

Таким чином, генетичні алгоритми достатньо широко використовуються для обробки зображень взагалі і сегментування зображення, зокрема. Результати, що отримані з використанням генетичних алгоритмів в багатьох випадках підвищують якість обробки зображення. Отже, використання генетичних алгоритмів для обробки зображення є перспективним напрямком. У подальших дослідженнях необхідно проаналізувати використання конкретних алгоритмів, наприклад, мурашиного або ройового, для обробки зображення та оцінити ефективність їх використання.

## Список літератури

1. Савин Л.В. Сетевентрическая и сетевая война. Введение в концепцию / Л.В.Савин. – М.: Евразийское общество, 2011. – 130 с.
2. Win in a Complex World. The US Army Operating Concept, 2014. – 56 pp.
3. Hoffman F.G. Conflict in the 21-st century: the rise of hybrid wars / F.G.Hoffman. – Arlington, Virginia: Potomac Institute for Policy Studies, 2007. – 72 pp.
4. Lindley-French J. NATO and New Ways of Warfare: Defeating Hybrid Threats / J. Lindley-French. – Rome: NATO Defense College, 2015 – 12pp.
5. Телелим В.М. Планування сил для виконання бойових завдань у «гібридній війні» / В.М.Телелим, Д.П. Музиченко, Ю.В.Пунда // Наука і оборона. – К.: МО України, 2014. - № 3. – С. 30-35.
6. Довідник учасника АТО: озброєння і військова техніка Збройних Сил Російської Федерації / За заг. ред. А.М. Алімпієва. – Х.: Оригінал, 2015. – 732 с.
7. Ярош С.П. Аналіз ведення бойових дій, тактики застосування ЗПН і використання нових інформаційних технологій у ході воєнного конфлікту в Лівії в 2011 році / С.П.Ярош // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України, 2011. – № 2. – С. 19-25.
8. Ярош С.П. Теоретичні основи побудови та застосування розвідувально-управляючих інформаційних систем протиповітряної оборони : монографія / С.П.Ярош; за ред. І.О.Кириченка. – Х.: ХУПС, 2012. – 512 с.
9. Бойове застосування високоточних засобів поразення і особливості боротьби з ними / В.І. Ткаченко, С.П. Ярош, Є.Б.Смірнов та ін. – Х.: ХУПС, 2016. – 272 с.
10. Малогабаритные беспилотные авиационные комплексы (Mini UAV) / Башинский В.Г., Бзот В.Б., Жилин Е.И. и др. – Запорожье: АО «Мотор-Сич», 2014. – 261 с.

11. Мосов С. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития: Монография. – К.: Румб, 2008. – 160 с.

12. Радецький В.Г. Безпілотна авіація в сучасній збройній боротьбі: монографія / В.Г. Радецький, І.С. Руснак, Ю.Г. Данік. – К.: НАОУ, 2008. – 224 с.

13. Ким Н.В. Алгоритм управления группой беспилотных летательных аппаратов / Н.В. Ким, И.Г. Крылов // Робототехника и техническая кибернетика. – М.: МАИ, 2014. - № 4. – С. 40-43.

14. Sezgin M. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation / M.Sezgin, B.Sankur // Journal of Electronic Imaging, 2004. - № 13. – P. 146–165.

15. Cheng H.D. A novel fuzzy entropy approach to image enhancement and thresholding / H.D.Cheng, Y.H.Chen, Y.Sun // Signal Process, 1999. - № 75. – P. 277–301.

16. Liu J.Z. The automatic thresholding of gray-level pictures via two-dimensional Otsu method / J.Z.Liu, W.Q.Li // Acta Automatica Sin, 1993. - № 19. – P. 101–105.

17. Chang C. A relative entropy based approach in image thresholding / C. Chang, K. Chen, J. Wang, and M. L. G. Althouse // Pattern Recogn., 1994. - № 27. – P. 1275–1289.

18. Kittler J. Minimum error thresholding / J.Kittler, J.Illingworth // Pattern Recogn., 1986. - № 19. – P. 41–47.

19. Kittler J. On threshold selection using clustering criteria / J.Kittler, J. Illingworth // IEEE Trans. Syst. Man Cybern., 1985. - № 15. – P. 652–655.

20. Jawahar C.V. Investigations on fuzzy thresholding based on fuzzy clustering / C.V.Jawahar, P.K.Biswas, A.K.Ray // Pattern Recogn., 1997. - № 10. – P. 1605–1613.

21. Tsai C.M. Binarization of color document images via luminance and saturation color features / C.M.Tsai, H.H.Lee // IEEE Trans. Image Process, 2002. - № 11. – P. 434–451.

22. O’Gorman L. Binarization and multithresholding of document images using connectivity / L. O’Gorman // Graph. Models Image Process, 1994. - № 56. – P. 494–506.

23. Ahuja N. A note on the use of second-order graylevel statistics for threshold selection / N.Ahuja, A.Rosenfeld // IEEE Trans. Syst. Man Cybern., 1975. - № 5. – P. 383–388.

24. Sauvola J. Adaptive document image binarization / J.Sauvola, M.Pietaksinen // Pattern Recogn., 2000. - № 33. – P. 225–236.

25. Shen D. A Hopfield neural network for adaptive image segmentation: An active surface paradigm / Shen D., H.H.S.Ip // Pattern Recogn. Lett., 1997. - № 18. – P. 37–48/

26. Pal S.K. Image enhancement and thresholding by optimization of fuzzy compactness / S.K.Pal, A.Rosenfeld // Pattern Recogn., 1988. - № 7. – P. 77–86.

27. Abutaleb A.S. Automatic thresholding of gray-level pictures using two-dimensional entropy / A.S. Abutaleb // Comput. Vis. Graph. Image Process, 1989. - № 47. – P. 22–32.

28. Сергеева О.П. Применение генетических алгоритмов для распознавания изображений / О.П.Сергеева // Искусственный интеллект, 2002. - № 4. – С. 516–520.

29. Буриев К.Х. Разработка генетического алгоритма и прикладных программ для фрактального сжатия изображений: дис. ... акад. степ. магистра: 5A330601 / Буриев Комилжон Хуррамович – Ташкент: Ташкентский университет информационных технологий, 2015. – 90 с.

30. Махно Т.А. Автоматизированная система обработки ультразвуковых изображений сонных артерий на основе эволюционных алгоритмов / Т.А.Махно // Электротехнические и компьютерные системы, 2015. - № 18 (94). – С. 92-99.

Надійшла до редколегії 24.02.2016

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

## ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ СИСТЕМ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

В.Г. Худов, А.Н. Маковейчук

*Рассматриваются особенности получения изображения в современных оптико-электронных системах наблюдения. Проанализированы известные методы сегментации, которые базируются обучении без использования машин. Предложено использование генетических алгоритмов для обработки изображения, описана работа простого генетического алгоритма, определены направления дальнейших исследований по использованию генетических алгоритмов для сегментации оптико-электронного изображения.*

**Ключевые слова:** генетический алгоритм, сегментация, изображение, наблюдение, беспилотный летательный аппарат, хромосома, кроссинговер, набор признаков.

## GENETIC SEGMENTATION ALGORITHMS IMAGES OF OPTIC-ELECTRONIC SURVEILLANCE SYSTEMS

V.G. Hudov, A.M. Makovejchuk

*Features of obtaining the image in modern optic-electronic systems of supervision are considered. Known methods of segmentation which are based training without use of computers are analysed. Use of genetic algorithms for image processing is offered, work of simple genetic algorithm is described, the directions of further researches on use of genetic algorithms for segmentation of the optic-electronic image are defined.*

**Keywords:** genetic algorithm, segmentation, image, supervision, unmanned aircraft, chromosome, crossingover, feature set.