

Г.В. Худов, Т.М. Калімулін, І.А. Хижняк

ОСНОВНІ ПІДХОДИ ДО СЕГМЕНТУВАННЯ ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИХ ЗОБРАЖЕНЬ

***Анотація.** Встановлено, що одним з найважливіших етапів обробки оптико-електронних зображень є етап сегментування. Проведено аналіз основних підходів до сегментування оптико-електронних зображень. Встановлено, що не існує загальної класифікації методів сегментування зображень. Пропонується розглядати методи сегментування відповідно до наступної класифікації: методи визначення порогів, методи засновані на кластеризації, текстурні методи, методи виділення контурів, методи зміни областей. Досліджено їх основні недоліки та переваги. Проведений аналіз визначив ряд проблемних питань щодо підвищення якості сегментування обробки оптико-електронних зображень, які й є напрямком подальших досліджень.*

Ключові слова: оптико-електронне зображення, сегментування, контур, сегмент, об'єкт інтересу.

***Abstract.** It has been established that one of the most important stages of optical-electronic image processing is the stage of the segmentation. An analysis of the main approaches to the segmentation of optical-electronic images was carried out. It was established that there is no general classification of image segmentation methods. It is proposed to consider segmentation methods according to the following classification: methods for determining thresholds, methods based on clustering, texture methods, methods for selecting contours, methods for changing regions. Their main disadvantages and advantages are studied. The conducted analysis identified a number of problematic issues related to improving the quality of segmentation processing of optical-electronic images, which are the direction of further research.*

Keywords: optical-electronic image, segmentation, contour, segment, object of interest.

Відомо, що на сьогоднішній день обробка цифрових зображень є невід'ємною складовою багатьох галузей людської діяльності, наприклад, медицини, сільського господарства, автоматизації виробничого процесу, робототехніки, дистанційного зондування землі, безпеки та оборони тощо. Одним з основних етапів обробки цифрового зображення є етап розділення усього зображення на однорідні за деякою ознакою сегменти або виділення контурів та подальше визначення границь об'єктів інтересу [1]. Даний етап проводиться задля полегшення подальшого аналізу зображення, але становить доволі складну задачу, у зв'язку з тим, що не існує універсального підходу для якісного сегментування різних видів зображень.

Підбір методу сегментування зображення залежить від багатьох факторів, серед яких – вид зображення, вимоги до результату сегментування, галузь застосування результатів обробки цифрових зображень тощо. Оскільки методи, ефективні для одних видів зображень, не завжди можуть проводити якісне сегментування інших видів зображення [1].

Метою роботи є проведення аналізу основних підходів до сегментування оптико-електронного зображення.

Дано визначення процесу сегментування зображення як процесу розділення усього зображення на однорідні, за деякою ознакою, сегменти або виділення контурів та визначення границь об'єктів інтересу. Проведений аналіз класифікації методів сегментування оптико-електронних зображень, показав, що на даний час не існує єдиної класифікації, а в світових наукових працях [1-3] розглядаються різноманітні підходи до вирішення цього питання. Запропоновано розглядати основні підходи до сегментування оптико-електронних зображень відповідно до наступної класифікації, яка представлена на рис. 1. Розглянемо дані підходи.

1. Визначення порогу сегментування.

Сутність даного підходу полягає в перетворенні вихідного зображення в бінаризоване, яке в свою чергу піддається сегментуванню через порівняння інтенсивності пікселів зображення із заданим пороговим значенням. Для такого методу існує декілька варіантів реалізації – глобальне та локальне визначення порогу сегментування [4].

Для глобального визначення порогу встановлюється одне або декілька значень порогів, на підставі яких відбувається сегментування зображення на фон та об'єкт інтересу.

Методи сегментування



Рис. 1. Запропонована загальна класифікація основних підходів до сегментування оптико-електронних зображень

Серед методів сегментування шляхом кластеризації найбільш дослідженими та використовуваними є методи k-середніх та нечітких c-середніх [6]. Такі методи використовуються для поділу зображення на чітко розділені між собою кластери, кожен з яких містить в собі пікселі, схожі між собою за певними ознаками та відрізняються від пікселів з іншого кластеру.

Результатом роботи методу k-середніх є жорсткий поділ пікселів за принципом їх віддаленості від центру області, заданого на початку роботи алгоритму. Метод нечітких c-середніх, на відміну від попереднього, ґрунтується на тому, що піксель може одночасно належати до декількох областей, але в різній мірі, наприклад пікселі в середині області мають більший ступень належності до цієї області, ніж пікселі на її границі.

До переваг методів кластеризації можна віднести їх відносну швидкість та можливість роботи із зображеннями, на яких присутнє невелика кількість шумів, а до недоліків – відсутність чіткого алгоритму визначення областей та складність обчислення початкового значення параметрів k і c, на яких ґрунтується робота алгоритмів даного підходу.

Задачею підходу до сегментування за допомогою текстурних методів є розділення зображення на області, в яких значення певних текстурних прикмет мають невелику різницю. Сегментування оптико-електронних зображень за допомогою текстурних методів поділяється на наступні групи методів: спектральні, фрактальні, статистичні та структурні [7].

Останні два з перелічених методів – є найбільш розповсюдженими. Структурні методи працюють із сукупністю комбінацій на зображенні, які легко виокремити, вони розташовані за певними правилами та які можна поєднати у впорядковані структури більшого масштабу. Такі методи ефективні за умов наявності регулярних текстур, створених однотипними комбінаціями.

У випадку статистичних методів, текстура є результатом реалізації деякого випадкового

З метою отримання зображення з кількістю сегментів, відмінною від двох, встановлюється декілька значень порогів. Таким чином, пікселі, що мають інтенсивність меншу за перший поріг потрапляють до першого сегменту, зі значенням інтенсивності більше першого значення, але менше другого – до другого сегменту, і так далі. Формалізація задачі сегментування для n-порогів матиме наступний вигляд (1) [5]:

$$g(v) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } v < t_1 \\ 1, & \text{якщо } t_1 \leq v < t_2 \\ 2, & \text{якщо } t_2 \leq v < t_3 \\ \vdots & \\ n, & \text{якщо } t_n \leq v \end{cases} \quad (1)$$

де v – значення інтенсивності пікселя зображення; n – кількість порогів; $t_1 \dots t_n$ – значення відповідного порогу.

Для здійснення сегментування зображення, отриманого за умов нерівномірного освітлення використовують локальне або адаптивне визначення порогів. Такий метод сегментування ускладнюється тим, що зображення необхідно попередньо розділити на області та обрати для кожної з них відповідне значення порогу.

Перевагами такого методу є простота реалізації та його швидкість (для простих тонових зображень та невеликої кількості порогових значень), а головним недоліком – велика імовірність помилкової сегментації.

процесу. Роботи таких методів заснована на оцінці таких показників як характеристики подібності та контрасту, кутовий момент, ентропія, тощо.

Підходи до сегментування, засновані на зміні областей полягають в знаходженні областей, пікселі яких подібні між собою. Вони поділяються на методи розростання областей та методи поєднання та розділення областей. Для методу розростання областей необхідно визначити об'єкти, що потребують виділення та міру подібності пікселів δ . Під час роботи методу відбувається порівняння суміжних пікселів, із заданим пікселем – такі, що мають найменшу різницю додаються до відповідної області. У випадку поєднання та розділення областей вихідне зображення розділюється на декілька довільно обраних областей, які або поділяються на менші за розміром області, або об'єднуються в більші, або розділюються на менші, в залежності від заданих умов подібності. Такі методи сегментування продовжують роботи до тих пір, доки області потребують змін, а їх пікселі не задовольняють умовам подібності.

За допомогою підходів до сегментування оптико-електронних зображень, заснованих на виділення контурів, які засновані на базовій властивості сигналу яскравості – на розривності. Граничними при цьому вважають пікселі, в яких спостерігається різка зміна яскравості [3]. Існує велика кількість методів виділення контурів, найбільш відомими з яких є градієнтний метод та такі, що використовують оператори Робертса, Превітта, Собела, Кірша, Робінсона.

Важливою особливістю застосування методів виділення контурів є подальша можливість за результатами обробки отримати не тільки контури об'єктів інтересу на сегментованому зображенні, а й області (сегменти).

Таким чином, встановлено, що не існує загального підходу для вирішення задачі сегментування оптико-електронних зображень. Щоб ефективно вирішувати поставлені завдання за допомогою оптико-електронних зображень необхідно враховувати знання та особливості даної предметної області та вид вхідного зображення. Можливе комплексування методів з різних груп з метою підвищення якості сегментування оптико-електронних зображень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Abdulateef S. K., Salman M. D. A Comprehensive Review of Image Segmentation Techniques. Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering. 2021. Vol. 17. Is. 2. P. 166-175. DOI: <https://doi.org/10.37917/ijeee.17.2.18>.
2. Harle R., Joshi M. Review on “Image Segmentation Methods”. International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 2014. Vol. 3. No. 4. P. 722-726.
3. Gonzalez R. C., Woods R. E. (2017). Digital Image Processing. Prentice Hall, 1192.
4. Sezgin M., Sanku B. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation. Journal of Electronic Imaging. 2004. № 13(1). P. 146-168. DOI: <https://doi.org/10.1117/1.1631315>.
5. Прэрт У. Цифровая обработка изображений : Москва: Мир, 1982. Кн. 2. 480 с.
6. Dubey S., Vijay S., Pratibha A. Review of Image Segmentation using Clustering Methods. International Journal of Applied Engineering Research. 2018. Vol. 13. No. 5. P. 2484-2489.
7. Шитова О. В., Пухляк А. Н., Дроб Е. М. Анализ методов сегментации текстурных областей изображений в системах обработки изображений. Научные ведомости БелГУ. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. 2014. № 8(179). С. 182-188.

Худов Геннадій Володимирович — доктор техн. наук, професор, начальник кафедри тактики факультету радіотехнічних військ Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, e-mail: 2345kh_hg@ukr.net

Калімулін Темір Муратович — ад'юнкт Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, tkalimulin@gmail.com

Хижняк Ірина Анатоліївна — канд. техн. наук, докторант Харківського національного університету Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків, khizh_ia@ukr.net

Khudov Hennadii V. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Chief of Radar troops tactics department of radar troops faculty of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, email : 2345kh_hg@ukr.net

Kalimulin Temir M. — Postgraduate Student of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, tkalimulin@gmail.com

Khizhnyak Irina A. — Cand. Sc. (Eng), Doctoral Student of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, khizh_ia@ukr.net