

# АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ КОЛЬОРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Вінницький національний технічний університет

## **Анотація**

*В роботі розглянуті відомі методи сегментації кольорових зображень, виконана їх класифікація та наданий порівняльний аналіз.*

**Ключові слова:** обробка зображень, кольороові зображення, сегментація зображень, методи сегментації

## **Abstract**

*The paper considers known methods of segmentation of color images, performs their classification and provides a comparative analysis.*

**Keywords:** image processing, color images, image segmentation, segmentation methods

## **Вступ та актуальність проблеми**

Однією з складових частин обробки та аналізу зображень є сегментація. Вона дозволяє розбивати зображення на області за певними ознаками, що характеризують ці області або зображення в цілому [1 – 5]. Задачі, що розв'язуються на етапі сегментації, можуть виступати як частина задачі розпізнавання або доповнювати такі традиційні задачі обробки зображень як кодування, реставрація, покращення якості. Різноманітність зображень, що підлягають сегментації, обумовило її застосування в мікробіології, медицині, астрономії, військовій техніці та багатьох інших галузях життя.

Велику цікавість останнім часом викликає сегментація кольорових зображень. Прикладами задач, які потребують розробки нових ефективних методів та засобів сегментації кольору. При відтворенні ці три зображення змішуються і створюють складове кольорове зображення. В кольорових зображень є сегментація клітин та клітинних структур на зображеннях мікроскопічних гематологічних, гістологічних та цитологічних препаратів для задач автоматизації лабораторних та діагностичних досліджень. Сегментація зображень є одним із ключових етапів обробки зображень та комп'ютерного зору.

## **Аналіз відомих розробок**

Велике розмаїття зображень, що підлягають сегментації, обумовило велику кількість методів вирішення цієї задачі. Одним з найбільш поширених є метод на основі порогового обмеження, суть якого полягає в тому, що зображення розбивається на області шляхом порівняння значення кольору пікселя з порогом [1, 5, 6]. При цьому може бути глобальне порогоування, коли обирається один поріг для всього зображення, або адаптивне порогоування, коли поріг змінюється залежно від локальної області. Перевагами першого є простота і швидкість, а недоліками – неможливість застосування при нерівномірному освітленні. Адаптивне порогоування усуває цей недолік. Порогова сегментація може застосовуватись в різних кольорових просторах. Так замість RGB може бути використані простори HSV, Lab, YcbCr або інші.

Другою великою групою є методи на основі кластеризації, що передбачає групування пікселів за схожістю кольору [3 – 5]. Прикладом такого методу є метод K-means, алгоритм якого складається з 1) вибору K центрів; 2) призначення кожного пікселя до найближчого центру; 3) оновлення центрів; 4) повторювання дій. Його основною перевагою є простота, а недоліки полягають в чутливості до початкових умов та тому, що потрібно знати K. Одним з різновидів методу кластеризації є метод Fuzzy C-Means, в якому піксель може належати кільком кластерам з різною ймовірністю. Цей метод має більшу точність, але більш повільніший.

Також відомий метод на основі виділення границь шляхом використання градієнтів кольору [4, 7]. З цією метою застосовують оператори Собеля, Канні, Лапласіан тощо. Основна ідея полягає в тому, що різка зміна кольору означає наявність границі між сегментами.

Одним з відомих методів є гістограмний метод, який здійснює аналіз гістограми яскравості та аналіз розподілу кольорів. Передбачається, що піки гістограми вказують на окремі області.

Ще один із методів – метод на основі вододілу, при якому зображення розглядається як топографічна поверхня, а області формуються як "басейни". Такий метод дає змогу виділити точні границі областей, але часто це призводить до «сверхсегментації», тобто виділенню зайвих границь.

Останнім часом отримав розвиток метод кольорової сегментації на основі графів. Зображення представляється як граф, в якому пікселі – це вершини, а зв'язки – це ребра. Найбільш популярні алгоритми цього методу - Graph Cut та Normalized Cut.

Також варто відмітити методи на основі математичної морфології, які включають операції ерозії, дилатації, відкриття, закриття та інші [6].

Окреме місце займають методи кольорової сегментації на основі нейронних мереж [8 – 10]. До сучасних алгоритмів можна віднести методи CNN, U-Net та Mask R-CNN. Основні їх переваги: висока точність, автоматичне навчання ознак. А до недоліків можна віднести необхідність у великій кількості даних, та потребі GPU.

Одним з найбільш цікавих методів є метод нарощування областей, який належить до методів сегментації, заснованих на однорідності [1 – 5, 11]. Його суть полягає в послідовному об'єднанні пікселів у зв'язані області відповідно до заданого критерію подібності. Його основний алгоритм передбачає: 1) обрання пікселя-зерна (або початкового ініціюючого пікселя); 2) аналіз сусідних пікселів за певним критерієм схожості та приєднання діх до початкового; 3) повторення дій для приєднаних пікселів. В якості критерію для кольорових зображень зазвичай використовується різниця кольору. Модифікацією цього методу є розділення та об'єднання областей, при якому зображення розбивається на маленькі області, що в подальшому об'єднуються за певним критерієм.

На відміну від кластеризаційних методів, таких як k-means clustering, метод нарощування областей забезпечує просторову зв'язаність сегментів. У порівнянні з методом вододілу, даний підхід є менш чутливим до локальних мінімумів, проте потребує ручного або автоматичного вибору зерен.

В табл.1 наведено загальний порівняльний аналіз вказаних методів.

**Таблиця 1. Порівняльний аналіз методів кольорової сегментації**

Метод	Точність	Швидкість	Складність
Порогова сегментація	низька	дуже висока	проста
Кластеризація	середня	висока	проста
Метод нарощування областей	середня	середня	середня
Метод виділення границь	висока	середня	складна
Метод сегментації на основі графів	висока	низька	складна
Метод сегментації на основі нейронних мереж	дуже висока	низька	дуже складна

### **Висновки**

Можна відмітити, що такі методи, як порогові, методи кластеризації, методи нарощування областей прості в реалізації та підходять для задач із контрольованими умовами освітлення.

Методи сегментації на основі графів забезпечують точнішу сегментацію, але вимагають більших обчислювальних ресурсів.

Методи глибокого навчання є найбільш ефективними для складних сцен і реальних застосувань (медицина, системи автономного керування автомобілем, відеоспостереження).

Вибір методу залежить від: складності сцени, наявності навчальних даних, вимог до точності, обчислювальних ресурсів.

Доведено також, що метод нарощування областей є ефективним інструментом сегментації кольорових зображень у випадках, коли об'єкти мають відносно однорідні характеристики.

Правильний вибір порогу та колірному простору істотно впливає на якість результатів. Метод доцільно застосовувати у задачах медичної діагностики, аналізу супутникових знімків та промислового контролю.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. F. Garcia-Lamont, J. Cervantes, and A. Lopez, “Segmentation of images by color features: A survey,” *Neurocomputing*, vol. 292, pp. 1–27, 2018. [1] H. D. Cheng, X. H. Jiang, Y. Sun, and J. Wang, “Color image segmentation: Advances and prospects,” *Pattern Recognition*, vol. 34, no. 12, pp. 2259–2281, 2001.
2. N. R. Pal and S. K. Pal, “A review on image segmentation techniques,” *Pattern Recognition*, vol. 26, no. 9, pp. 1277–1294, 1993.
3. K. S. Fu and J. K. Mui, “A survey on image segmentation,” *Pattern Recognition*, vol. 13, no. 1, pp. 3–16, 1981.
4. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 4th ed. Boston: Pearson, 2018.
5. S. H. Park and S. W. Lee, “Color image segmentation based on 3-D clustering: Morphological approach,” *Pattern Recognition*, vol. 30, no. 6, pp. 1061–1076, 1997.
6. L. Shafarenko, M. Petrou, and J. Kittler, “Automatic watershed segmentation of randomly textured color images,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 6, no. 11, pp. 1530–1544, 1997.
7. Jain, A. K. *Fundamentals of Digital Image Processing*. Prentice Hall, 1989.
8. A. Tremeau and P. Colantoni, “Regions adjacency graph applied to color image segmentation,” *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 9, no. 4, pp. 735–744, 2000.
9. J. C. Bezdek, *Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms*. New York: Springer, 1981.
10. Y. Deng, B. S. Manjunath, and H. Shin, “Color image segmentation using modular neural networks,” *Pattern Recognition Letters*, vol. 18, no. 2, pp. 173–185, 1997.
11. Я. Г. Скорюкова and С. М. Марков, “Структурно-зв’язнісна модель кольорового зображення для задач сегментації,” *Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології*, no. 2 (22), pp. 169–175, 2010.

**Скорюкова Яніна Германівна** – доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри опору матеріалів, теоретичної механіки та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [yaskor@vntu.edu.ua](mailto:yaskor@vntu.edu.ua)

**Копчук Валерія Василівна** – студентка групи 2КІ-256, факультету інформаційних технологій та комп’ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [kopcukvaleria@gmail.com](mailto:kopcukvaleria@gmail.com)

Науковий керівник: **Скорюкова Яніна Германівна** – доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри опору матеріалів, теоретичної механіки та інженерної графіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

**Skoriukova Yanina G.** – Associate Professor, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of department of resistance of materials, theoretical mechanics and engineering graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [yaskor@vntu.edu.ua](mailto:yaskor@vntu.edu.ua)

**Kopcuk Valeria Vasylivna** – student of group 2KI-25b, Faculty of Information Technologies and Computer Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [kopcukvaleria@gmail.com](mailto:kopcukvaleria@gmail.com)

Supervisor: **Skoriukova Yanina G.** – Associate Professor, Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of department of resistance of materials, theoretical mechanics and engineering graphics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia