

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СЕГМЕНТАЦІЇ В КОЛІРНИХ ПРОСТОРАХ RGB ТА HSI

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі розглянуті колірні моделі зображень у просторах RGB та HSI, розглянуті методи сегментації в цих просторах та виконаний їх порівняльний аналіз.

Ключові слова: обробка зображень, кольорові зображення, сегментація зображень, методи сегментації, простір RGB, простір HSI.

Abstract

The paper considers color models of images in RGB and HSI spaces, considers segmentation methods in these spaces, and performs their comparative analysis.

Keywords: image processing, color images, image segmentation, segmentation methods, RGB space, HSI space.

Вступ та актуальність проблеми

Сегментації кольорових зображень — це одна з ключових тем сучасного комп'ютерного зору, і її значення постійно зростає через розвиток штучного інтелекту та цифрових технологій.

Сьогодні людство генерує величезні обсяги зображень (камери, дрони, супутники, медичні сканери). Для їх аналізу потрібні автоматизовані методи. Сегментація дозволяє розділяти зображення на змістовні області та виділяти об'єкти, їх межі та структуру. Сегментація є базовим етапом у задачах розпізнавання об'єктів, класифікації та аналізу сцен. Без неї неможлива точна інтерпретація зображень [1, 2].

Актуальність сегментації кольорових об'єктів зумовлена практичним широким практичним використанням, в першу чергу, в медицині (аналіз МРТ, КТ, виявлення пухлин) та сільському господарстві (моніторинг посівів, прогноз врожайності (використання семантичної сегментації супутникових зображень)). Сегментація знайшла своє застосування також в навігації роботів, безпілотних автомобілях, контролі якості продукції, автоматизації виробництва та інших галузях. Сегментація кольорових зображень є критичною для доповненої та віртуальної реальності, систем безпеки (розпізнавання облич), генеративного ШІ та обробки зображень. Сегментація саме кольорових зображень дозволяє точніше розділяти об'єкти та покращує результати кластеризації та класифікації [1, 2].

Основна частина

Для здійснення сегментації кольорового зображення незалежно від обраного методу має бути обрана колірна модель представлення зображення.

Найбільш поширеними колірними моделями зображень є моделі в колірних просторах RGB та HSI. Метою роботи є порівняльний аналіз вказаних просторів для сегментації зображень.

1. RGB (Red, Green, Blue) — це базова модель представлення кольору, що використовується більшістю камер і дисплеїв. Особливості сегментації в цій моделі полягають в тому, що зображення подається трьома окремими каналами: R, G, B. В такому випадку для сегментації використовують методи порогової обробки кожного каналу, кластеризації у 3-вимірному просторі (R, G, B) та визначення відстані між кольорами [3 – 6].

Перевагами всіх вказаних методів є простота реалізації (оскільки дані вже доступні без перетворення), висока обчислювальна ефективність. Сегментація в цій моделі добре підходить для простих задач з чіткими кольорами.

До недоліків сегментації в колірному просторі RGB можна віднести сильну залежність від освітлення. Також, компоненти кольору і яскравості змішані між собою, щор ускладнює процес

сегментації. Необхідно відмітити важкість відокремлення об'єкту при зміні тіней або яскравості і те, що кольори, що виглядають однаково для людини, можуть мати різні RGB значення.

2. HSI (Hue, Saturation, Intensity) — модель, більш наближена до людського сприйняття кольору. Її компоненти: H (Hue) — відтінок кольору, S (Saturation) — насиченість, I (Intensity) — яскравість. Особливість сегментації в колірній моделі HSI полягає в тому, що перед сегментацією зображення перетворюється з RGB у HSI. При цьому, сегментація часто виконується за відтінком H (основний параметр кольору) або із додатковими обмеженнями по S або I [5 – 12].

Перевагами такої сегментації є розділення кольору і яскравості, і як наслідок, менша залежність від змін освітлення. Сегментація в такій моделі краще підходить для виділення об'єктів за кольором. Вказана модель є більш інтуїтивно зрозумілою для налаштування порогів.

Серед недоліків сегментації в колірній моделі HSI можна вказати необхідність додаткового перетворення RGB → HSI, відповідно обчислення є більш складними, нестабільність компоненти Hue при низькій насиченості. В табл. 1 надана порівняльна характеристика колірних просторів RGB та HSI, а в табл. 2 - Порівняльна характеристика сегментації в колірних просторах RGB та HSI.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика колірних просторів RGB та HSI

Простір	Геометрія	Основна ідея	Що аналізується при сегментації
RGB	Куб	колір як комбінація R,G,B	значення R,G,B
HSI	Конус/циліндр	колір відокремлений від яскравості	відтінок H

Таблиця 2. Порівняльна характеристика сегментації в колірних просторах RGB та HSI

Характеристика	RGB	HSI
Представлення кольору	Три базові кольори	Відтінок, насиченість, яскравість
Залежність від освітлення	Висока	Нижча
Відповідність людському сприйняттю	Низька	Висока
Складність обчислень	Низька	Вища
Якість сегментації за кольором	Гірша	Краща
Потрібність перетворення	Ні	Так (RGB → HSI)

Висновки

1. Колірну модель RGB доцільно використовувати для простих задач сегментації або коли важлива швидкість обчислень.

2. Колірна модель HSI краще підходить для аналізу кольорових об'єктів, оскільки дозволяє відокремити інформацію про колір від яскравості та є ближчим до людського сприйняття кольору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing. — 4th ed. — Pearson Education, 2018. — 1168 p.

2. Pratt W. K. Digital Image Processing: PIKS Scientific Inside. — 4th ed. — Wiley-Interscience, 2007. — 782 p.

3. Agoston M. K. Computer Graphics and Geometric Modeling: Implementation and Algorithms. — Springer, 2005.
4. Fairchild M. D. Color Appearance Models. — Addison-Wesley, 2013.
5. Hema D., Kannan S. Interactive Color Image Segmentation Using HSV Color Space // Science & Technology Journal. — 2020. — Vol. 7, No. 1. — pp. 37–41.
6. Giuliani D. Metaheuristic Algorithms Applied to Color Image Segmentation on HSV Space // Journal of Imaging. — 2022. — Vol. 8, No. 1.
7. Dass R., Priyanka, Devi S. Image Segmentation Techniques // International Journal of Electronics & Communication Technology. — 2012. — Vol. 3, No. 1.
8. Rangayyan R. M. Biomedical Image Analysis. — CRC Press, 2005.
9. Nikou C. Colour Image Processing. — University of Ioannina Lecture Notes, 2010.
10. Study and Comparison of Color Models for Automatic Image Analysis in Irrigation Management Applications // Agricultural Water Management. — 2015.
11. Color Sensors and Their Applications Based on Real-Time Color Image Segmentation for Cyber-Physical Systems // EURASIP Journal on Image and Video Processing. — 2018
12. 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

Марков Сергій Михайлович – провідний інженер, асистент кафедри біомедичної інженерії та оптико-електронних систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: s.markov@vntu.edu.ua

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

Markov Sergey Mykhailovych — leading engineer, assistant of the Department of Biomedical Engineering and Optoelectronic Systems, Vinnytsia National Technical University. Vinnitsa, e-mail: s.markov@vntu.edu.ua

COMPARATIVE ANALYSIS OF SEGMENTATION IN RGB AND HSI COLOR SPACES