

КЛАСИФІКАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИХ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ НА ОСНОВІ ГІСТОГРАМИ КОЛЬОРІВ

Володимир Кугівчак, Сергій Вельгош

OBJECT CLASSIFICATION USING VARIOUS SEGMENTATION METHODS BASED ON COLOR HISTOGRAM

Volodymyr Kuhivchak, Serhiy Velhosh

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. ген. М. Тарнавського, 107, Львів, 79017, Україна

Abstract. *This study evaluates color-based classification for beverage recognition using various segmentation and histogram-based methods. We implement five segmentation approaches, four vector creation methods, and five classification metrics on a dataset of beverage categories. After refining the dataset, our solution achieves 87.5% accuracy using threshold segmentation with average vector creation and KL divergence classification.*

Колір є однією з найважливіших візуальних особливостей для розпізнавання об'єктів, особливо банок з напоями, які зберігають характерні для бренду кольорні схеми. Банки з напоями представляють ідеальний спосіб використання класифікації на основі кольору завдяки їхнім виразним і послідовним кольорним характеристикам. Це дослідження зосереджено на розробці та оцінці системи класифікації банок з напоями на основі кольорних особливостей, отриманих із сегментованих зображень. Колір було обрано як основну ознаку, оскільки бренди напоїв зазвичай підтримують постійні кольорні схеми для всієї лінійки продуктів. Кольорні особливості демонструють стійкість до поворотів і змін масштабу, а підходи на основі кольору можуть бути обчислювально ефективними [1].

Для спеціалізованих застосувань, таких як класифікація банок з напоями, традиційні методи отримання ознак можуть досягти високої точності, зберігаючи при цьому ефективність. Розроблена система поєднує методи сегментації для виділення банок на фоні з методами отримання ознак на основі гістограм і різними метриками класифікації. Завдяки комплексній оцінці різних комбінацій було визначено найефективніший підхід до класифікації банок з напоями. Метод вирішує декілька ключових проблем у завданнях візуального розпізнавання, включаючи відокремлення фону, представлення кольорного простору, отримання ознак і оцінка подібності.

Було реалізовано та порівняно п'ять методів сегментації: GrabCut, ітераційний алгоритм, що використовує моделі Гаусса для відокремлення переднього плану від фону; пороговання, яке перетворює зображення у градації сірого на бінарне, використовуючи метод Отсу для визначення оптимальних порогів; метод вододілу – підхід на основі регіонів, що трактує зображення як топографічні поверхні; метод обмежувальної рамки – простіший підхід, що ідентифікує прямокутні області, які містять банки з напоями; та метод варіації кольору, який сегментує зображення на основі локальної варіації кольору, виділяючи області з високими кольорними переходами. Сегментовані зображення були перетворені в кольорний простір *HSV*, який відокремлює інформацію про колір (відтінок і насиченість) від інтенсивності (значення), роблячи його більш стійким до варіацій освітлення [1–3].

Вибір кольорного простору *HSV* особливо важливий, оскільки він більш тісно узгоджується з людським візуальним сприйняттям, порівняно з *RGB* простором, забезпечуючи краще розділення інформації про колір та яскравість. Ця характеристика робить *HSV* більш

придатним для застосувань, де умови освітлення можуть змінюватися, як це часто буває в реальних сценаріях розпізнавання банок з напоями. Гістограма кольорів розраховується саме для *Hue* (відтінок) каналу, оскільки цей канал не є чутливим до змін освітлення та найкраще зберігає ознаки кольору об'єктів.

Чотири підходи створюють репрезентативні вектори ознак: усереднений вектор, усереднюючи гістограми в кожній категорії; медіанний вектор, використовуючи медіанні значення гістограм; вектор максимальної варіації, вибираючи гістограми з найвищою варіацією; та репрезентативний вектор, визначаючи гістограми, найближчі до середнього. П'ять мір подібності/відстані класифікують банки на основі їх гістограм кольорів: перетин гістограм; відстань χ^2 -квадрат, обчислення зважених різниць між гістограмами; кореляція, вимірювання статистичної кореляції; відстань Бгаттачар'я, визначення подібності між розподілами ймовірності; та розходження Кульбака–Лейблера, вимірювання відносної ентропії між розподілами [3, 5].

Після адаптації набору даних для вирішення проблем із банками з напоями, що мають труднощі сегментації, метод порогової сегментації з усередненим методом створенням векторів і класифікацією на основі розходження Кульбака–Лейблера досяг точності 87,5%, що є суттєвим покращенням порівняно з початковими результатами. Співвідношення ефективностей методів наведені на рис. 1.

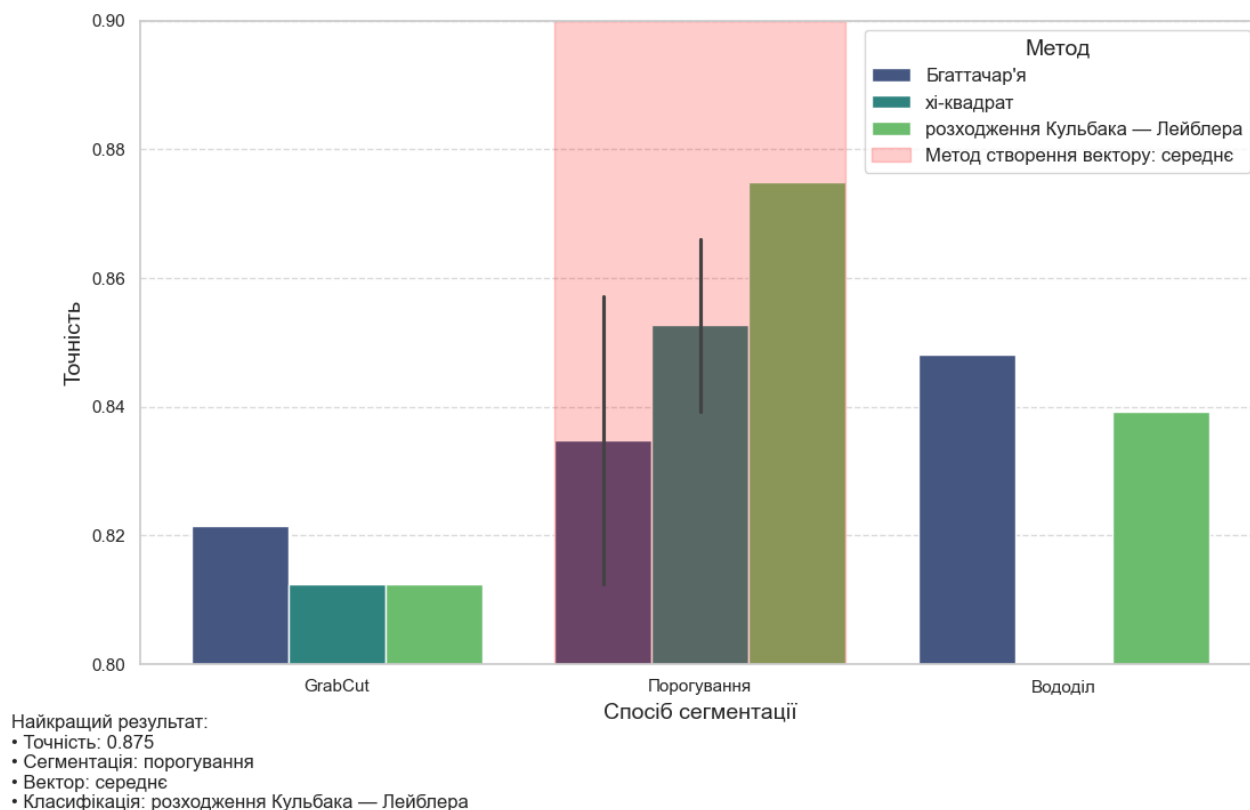


Рис. 1. Порівняння ефективностей методів класифікації.

Метод пороговання показав найкращий результат, ймовірно, завдяки своїй здатності чисто відокремлювати банки від фону при наявності хорошого контрасту. Метод вододілу показав гірші результати, потенційно через чутливість до шуму та варіацій текстури на поверхнях банок. Підхід усередненого вектора продемонстрував вищу ефективність, що свідчить про те, що середній розподіл кольорів по кількох зразках забезпечує більш надійне представлення, ніж окремі зразки. Міри розходження Кульбака–Лейблера та відстані

Бгаттачар'я виявилися найефективнішими для класифікації, причому відстань хі-квадрат показала конкурентоспроможні результати. Ці результати вказують на те, що простіші підходи часто можуть перевершувати складніші методи для спеціалізованих завдань розпізнавання, коли вони правильно налаштовані для конкретних характеристик доменної області застосування.

Аналіз матриці невідповідностей для методу з найкращими показниками (порогова сегментація з усередненим вектором і розходження Кульбака–Лейблера) розкриває сильні та слабкі сторони класифікації для різних категорій напоїв (рис. 2).

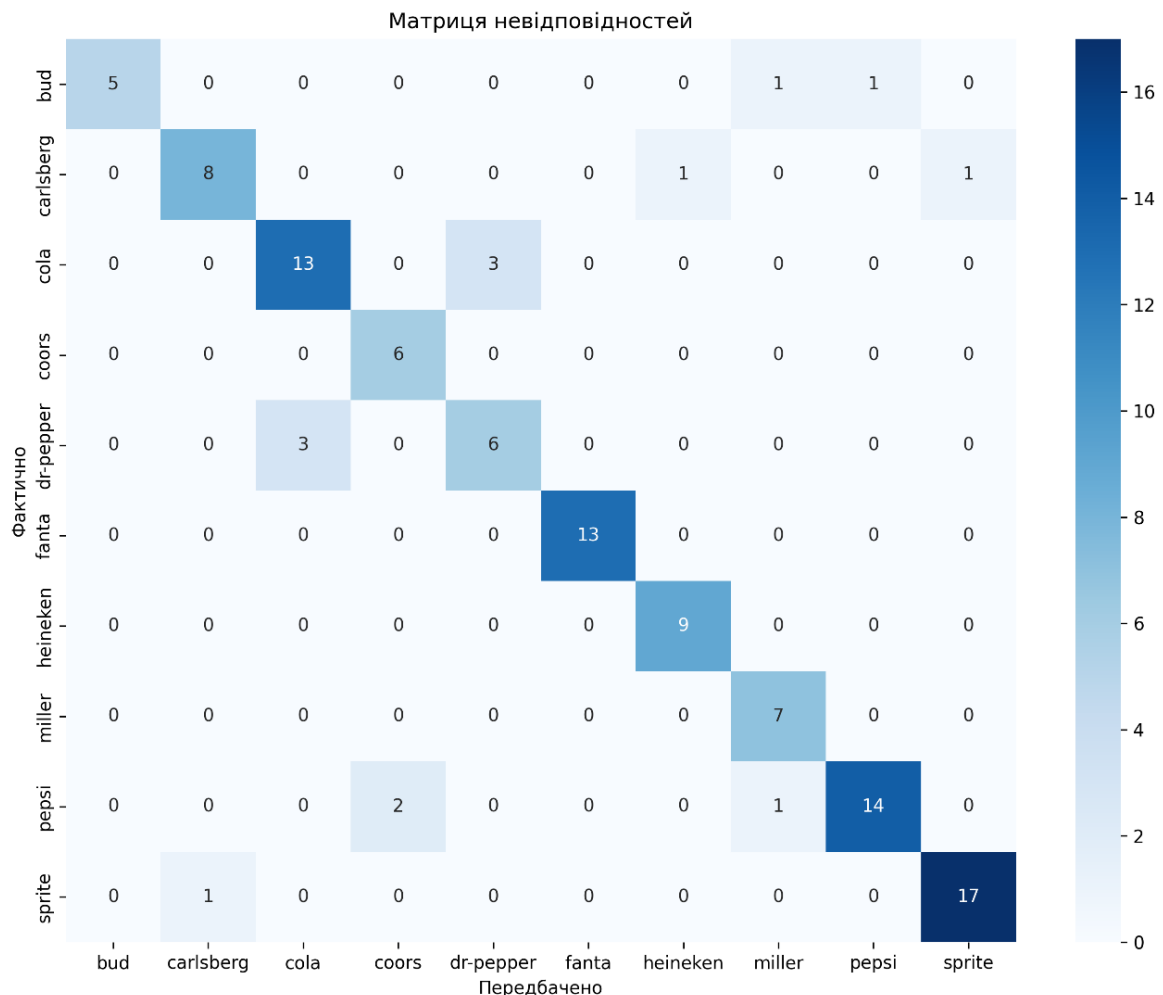


Рис. 2. Матриця невідповідностей, отримана для методів порогової сегментації з усередненим вектором і розходження Кульбака–Лейблера.

Матриця невідповідностей показує, що деякі категорії напоїв, такі як Fanta, Cola та Sprite, досягли дуже високої точності, ймовірно, через їхні характерні кольори, тоді як між візуально схожими категоріями були допущені помилки. Матриця надає цінну інформацію про те, для яких типів напоїв можна отримати покращення точності класифікації від додаткових методів отримання ознак. Наприклад, напої з подібними колірними профілями, але різними текстурними візерунками можуть краще розрізнятися шляхом включення ознак текстури разом із гістограмами кольорів. Шаблони неправильної класифікації також вказують на потенційні покращення процесу сегментації, особливо для категорій, де фон може мати спільні колірні характеристики з об'єктом.

Незважаючи на досягнення хорошої точності, є присутнім ряд обмежень: залишкові елементи фону можуть впливати на ефективність класифікації при недосконалій сегментації;

деякі бренди напоїв мають декілька дизайнів упаковки з різними кольірними схемами, потенційно заплутуючи класифікатор; бренди з подібними кольірними палітрами представляють проблеми для класифікації.

Майбутні дослідження повинні зосередитися на впровадженні додаткових методів отримання кольірних ознак для потенційного покращення точності. На основі огляду літературних джерел, ми припускаємо, що наступні підходи можуть бути корисні: корелограма кольорів (Хуанг та ін. [4]) фіксує просторові шаблони розподілу кольорів, обчислюючи ймовірність знаходження кольірних пар на заданих відстанях, додаючи цінну просторову інформацію, якої не вистачає базовим гістограмам; методи матриці кольірних співпадінь (ССМ) характеризують просторові відносини між кольорами, обчислюючи частоту співпадінь кольірних пар, пропонуючи покращене представлення текстури [5]; моменти кольорів забезпечують компактні статистичні представлення розподілів кольорів, використовуючи статистичні моменти нижчого порядку, що вимагають менше ресурсів пам'яті та часу обчислень, ніж повні гістограми [1]; дескриптори домінантного кольору визначають і використовують найбільш репрезентативні кольори в зображенні, потенційно пропонуючи більш стислі представлення. Підхід, запропонований Лю та ін. [2], використовуючи локальні гістограми в кількох масштабах для адаптивної сегментації, міг би покращити сегментацію зображень.

Проведене дослідження демонструє потенціал традиційних методів на основі кольору для досягнення високої точності в спеціалізованих завданнях розпізнавання і забезпечує основу для майбутніх досліджень з оптимізації цих підходів для систем класифікації банок з напоями. Систематично оцінюючи різні компоненти конвеєра класифікації та визначаючи найбільш ефективні комбінації, це дослідження сприяє розумінню того, як методи на основі кольору можуть бути ефективно застосовані до практичних завдань розпізнавання. Результати свідчать про те, що для спеціалізованих доменів з характерними кольірними характеристиками традиційні підходи комп'ютерного зору залишаються цінними інструментами, які можуть досягти високої точності, зберігаючи обчислювальну ефективність, що робить їх придатними для широкого спектра застосувань, від систем переробки до управління запасами та автоматизації роздрібної торгівлі.

Бібліографія

1. Srivastava D., Wadhvani R., Gyanchandani M. A Review: Color Feature Extraction Methods for Content Based Image Retrieval. *International Journal of Computational Engineering & Management*. 2015. Vol. 18(3). P.9-13.
2. Liu Y., Liu G., Liu C., Sun C. A Novel Color-Texture Descriptor Based on Local Histograms for Image Segmentation. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 160683-160695.
3. Dong Y. An Improved Image Retrieval Algorithm Based on Color Histogram. *International Conference on Advances in Mechanical Engineering and Industrial Informatics*. 2015. P. 1110-1114.
4. Huang J., Kumar S. R., Mitra M., Zhu W. J., Zabih R. Image indexing using color correlograms. *In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 1997. P. 762-768.
5. Lin C. H., Chen R. T., Chan Y. K. A smart content-based image retrieval system based on color and texture feature. *Image and Vision Computing*. 2009. Vol. 27(6). P. 658-665.