

УДК 004.932

О. Є. П'ятикоп, Д. В. Голодов

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

ЗАДАЧА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОМОЛЬНИХ КУЛЬ НА ЗОБРАЖЕННІ

П'ятикоп О.Є., Голодов Д.В. Задача ідентифікації помольних куль на зображенні. Робота присвячена проблемам обробки зображення в умовах реальних промислових систем комп'ютерного зору. У статті наведено огляд основних методів сегментації об'єктів та пошуку кіл на цифровому зображенні з аналізом останніх досягнень. Описані результати дослідження результати підбору параметрів при перетворення у систему кольорів HSV.

Ключові слова: обробка зображень, сегментація, куля, перетворення в кольорному просторі HSV.

Пятикоп Е.Е., Голодов Д. В. Задача идентификации помольных шаров на изображении. Работа посвящена проблемам обработки изображения в условиях реальных промышленных систем компьютерного зрения. В статье приведен обзор основных методов сегментации объектов и поиска окружностей на цифровом изображении с анализом последних достижений. Описаны результаты подбора параметров для преобразования в систему цветов HSV.

Ключевые слова: обработка изображений, сегментация, шар, преобразования в цветовом пространстве HSV.

Piatykop O., Golodov D. Segmentation of grinding balls in the image. The work is devoted to the problems of segmentation in conditions of real industrial computer vision systems. The article provides an overview of the main methods for segmenting objects on a digital image and analysis of the latest achievements. The results shows of the selection of parameters for or the transformation of the color system.

Keywords: image processing, segmentation, sphere, transformation in the HSV color space.

Постановка проблеми.

Комп'ютерний зір потрібен в самих різних сферах людського життя. Такі системи необхідні в медицині [1], де отримання, обробка і розшифровка зображень дозволяє більш точно поставити діагноз і контролювати хід хірургічних операцій; в робототехніці для орієнтації в просторі і навігації [2]; в системах ідентифікації [3], а також для забезпечення взаємодії людини і комп'ютера за допомогою голосу, жестів і рухів. Значним напрямком є застосування системи комп'ютерного зору на виробництві, де їх використання дозволяє автоматизованим системам:

- відстежувати розвиток технологічних процесів,
- контролювати допуски відхилення форми виробів,
- сканувати технічні об'єкти для експорту в систему автоматизованого проектування,
- розпізнавати зображення промислових деталей,
- управляти роботизованими ділянками виробництва,
- аналізувати структуру поверхні матеріалів по зображенням та інше [4-6].

Однією з актуальних завдань аналізу зображення є проблема розпізнавання помольних куль на зображенні завантажувального лотку гартівного барабану, який встановлено на пристрою для термічної обробки куль [7, 8]. Ці кулі використовуються в гірничодобувних та інших галузях промисловості для помолу при підготовці рудних і нерудних матеріалів. Металеві кулі виробляються різного діаметру від 40 до 120 мм, а їх температура при обробці сягає 600°C. Виробництво куль передбачає такі технологічні операції: нагрів заготовки у секційній печі, формування шару, закалка шару у гартівному барабані, опускання куль у бункер складу. Перед спусканням куль їх необхідно підрахувати. Для автоматизації цього процесу актуально використання системи комп'ютерного зору, яка дозволить підрахувати кількість гарячих куль к кожному лотку. Навпроти лотків встановлюється камера, яка фіксує обертання барабану. З відеоряду необхідно вилучати кадри з зображенням лотку барабану з кулями для подальшого аналізу та розпізнавання. Приклад зображення наведено на рисунку 1.

Для наведеної задачі існує декілька особливостей. По перше, несприятливі умови роботи камери: можливе засвітлення, накопичення пари у повітрі. Камеру можливо розмістити навпроти барабану з кулями, але у кадрі будуть залишатися зайві об'єкти, які необхідно обрізати перед аналізом зображення. Кулі у лотку можуть бути різної температури і необхідно розпізнавати та рахувати тільки гарячі, які відрізняються кольором.

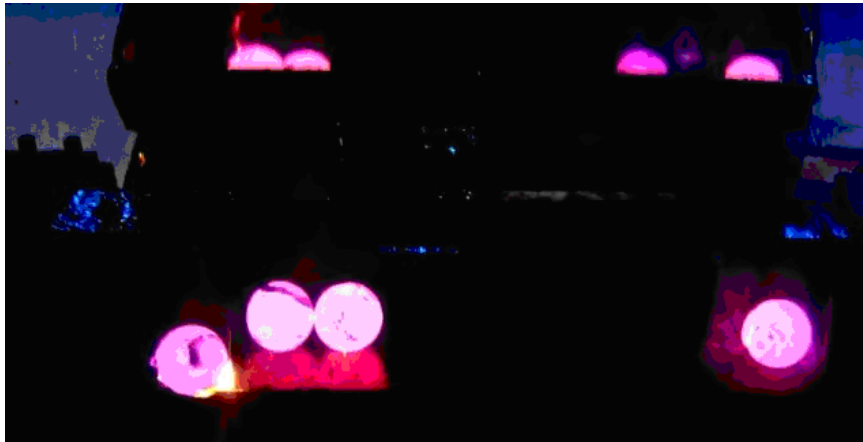


Рис 1. Зображення гартівного барабану з помольними кулями

Також проблемою є розташування куль у лотку: кулі можуть бути одна за однією, можуть бути зліплені. В залежності від освітлення кулі можуть давати віддзеркалення або тіні. Такі ситуації показані на рисунку 2. Усі ці проблеми потребують індивідуального підходу до вирішення задачі.



Рис. 2 Різновид розташування помольних куль у лотку

Процес розпізнавання традиційно включає ряд етапів: перетворення вихідного зображення в початкове уявлення (отримання цифрового зображення, попередня обробка), сегментація, нормалізація, фільтрація, виділення деталей (ознак) та класифікація об'єкта [9, 10]. Для наведеної проблеми необхідно також виконати ці етапи:

1. захват кадру з відео ряду;
2. обрізання зображення лотку від зайвих об'єктів;
3. передобробка (зміна контрасту, кольорового простору та інше);
4. аналіз зображення на наявність об'єктів у кадрі;
5. сегментація областей рожевого кольору;
6. ідентифікація (виявлення) куль.

Усі етапи мають особливий характер і їх виконання залежить безпосередньо від особливостей прикладної задачі. Якщо перші чотири етапи мають особливий характер і безпосередньо залежать від налаштування камери, то для виконання сегментації та пошуку куль на зображенні існують методи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

З точки зору обробки цифрового зображення, сегментація – це процес розділення цифрового зображення на декілька сегментів – множину пікселів. Мета сегментації полягає у спрощенні і/або зміні представлення зображення для полегшення його аналізу. Точніше, сегментація зображень – це процес присвоєння таких міток кожному пікселю зображення, що пікселі з однаковими мітками мають спільні візуальні характеристики. Результатом сегментації зображення є множина сегментів, які разом покривають все зображення, або множина контурів, виділених з зображення. Всі пікселі в сегменті схожі за деякою характеристикою або за визначеною властивістю, наприклад колір, яскравість або текстура. Сусідні сегменти істотно відрізняються за цими характеристиками [8-12].

Для сегментації зображень було розроблено декілька універсальних алгоритмів і методів [9-12] :

- методи визначення порогів;
- методи, засновані на кластеризації;
- методи, засновані на стисненні;
- методи з використанням гістограм;
- виділення країв;
- методи розростання областей;
- методи, засновані на диференціальних рівняннях з частинними похідними;
- варіаційні методи;
- методи розрізу графа;
- метод водоподілу.

Загального рішення для задачі сегментації зображень не існує, часто ці методи доводиться поєднувати зі знаннями з предметної області, щоб ефективно вирішувати цю задачу в її предметній області. Часто сегментація використовується при обробці медичних зображень. Так у роботі [1] автор виконує обробку ультразвукових зображень сонних артерій на основі еволюційних алгоритмів за допомогою методу синтезу схем сегментації ультразвукових зображень на підставі генетичного програмування, який за рахунок запропонованих модифікацій операторів кросинговеру та мутації збільшує швидкість синтезу точних схем сегментації. Також сегментування еволюційним методом проводиться у роботі [2] для зображення, що отримане з бортових систем оптико-електронного спостереження. Цей підхід дає добрі показники, за думкою авторів, але зображення їх предметної галузі містять велику кількість дрібних об'єктів.

Інший підхід запропоновано для сегментації зображень об'єктів на цифрових астрономічних зображеннях [4]. Розроблений метод належить класу методів сегментації областей із заданими маркерними точками. Як маркерних точок використовуються попередньо виділені піки зображень об'єктів. З метою зменшення обчислювальних витрат сегментація проводиться в бінарній області с заздалегідь заданими розмірами і можливістю їх адаптивного збільшення. Виділення зображення об'єкта виконується із застосуванням послідовності морфологічних операцій ерозії, дилатації і морфологічної реконструкції. Для обліку особливостей астрономічних зображень, морфологічна обробка проводиться з попередньою модифікацією цифрового зображення. Робота [5] показує, що попереднім етапом перед сегментацією може бути виділення контуру об'єкта. З результатами детектору Канні також порівнюють свої методи у роботах [2, 4].

Близька до наданої проблеми робота [3]. В статті описано проблему біометричної ідентифікації по райдужній оболонці ока: вихідне зображення спотворене шумами апаратури сканування, дискретизації або каналів передачі даних, в результаті чого зображення мають нерівномірну яскравість і контрастність. Автор пропонує передобробку, що включає: вирівнювання загальної яскравості зображення, ліквідацію на вихідному зображенні високочастотних перешкод і різного роду артефактів, контрастування бінарного зображення та інших функціональних перетворень, наприклад перетворення у систему HLS (HSV).

Також актуальна робота [6], яка присвячена розробці алгоритму, що здійснює розпізнавання дорожніх знаків, які обмежують швидкість. Досягнення цієї мети передбачає вирішення наступних завдань: перетворення колірного простору, видалення шумів, виділення областей інтересу, верифікація об'єктів інтересу. Дорожні знаки, як об'єкти інтересу, за формою представляють коло. Схожість з помольними кулями є не лише у формі, а й за кольором. Автори вважають доцільним використання колірного простору HSV, в якому ефективність виділення червоного кольору вище в порівнянні з RGB простором. Для визначення наявності кіл в областях інтересу застосовується перетворення Хафа, а саме градиентний метод Хафа (Hough gradient method) [10, 13].

Метою дослідження. На основі вивчення традиційних методів та аналізу сучасних досліджень вирішено на етапі передобробки дослідити параметри для перетворення у систему кольорів HSV, як у роботі [3, 6] та для зменшення кількості помилкових піків перед початком виявлення об'єктів інтересу провести попередню обробку з використанням фільтру згладжування [4]; для сегментації розглянути комбінування методів визначення порогів та методи з використанням гістограм.

Основні матеріали дослідження.

Щоб виконати поставлену задачу, програмними методами був перехоплений відеопоток та обрано карди. Далі на кожному кадрі була виділена лише смужка області розміром 566x20

пікселів, де очікується поява рожевих куль. Її розташування встановлено експериментально. В цій області перевіряється наявність рожевого (маджентового) кольору. Якщо цього забарвлення більше, ніж 2%, то кадр буде оброблятися далі. Цей процес дає можливість підвищити швидкість та обробляти кадри у реальному часі.

Перед подальшою програмною обробкою зображення вирішено промодельовати у середовищі MATLAB процес перетворення у системи кольорів HSV та визначити параметри порогів для подальшого їх використання у автоматизованій системі ідентифікації та підрахунку куль. Моделювання підтвердило, що використання простору HSV є більш однозначним порівняно з масками каналів RGB. Приклад наведено на рисунку 3.

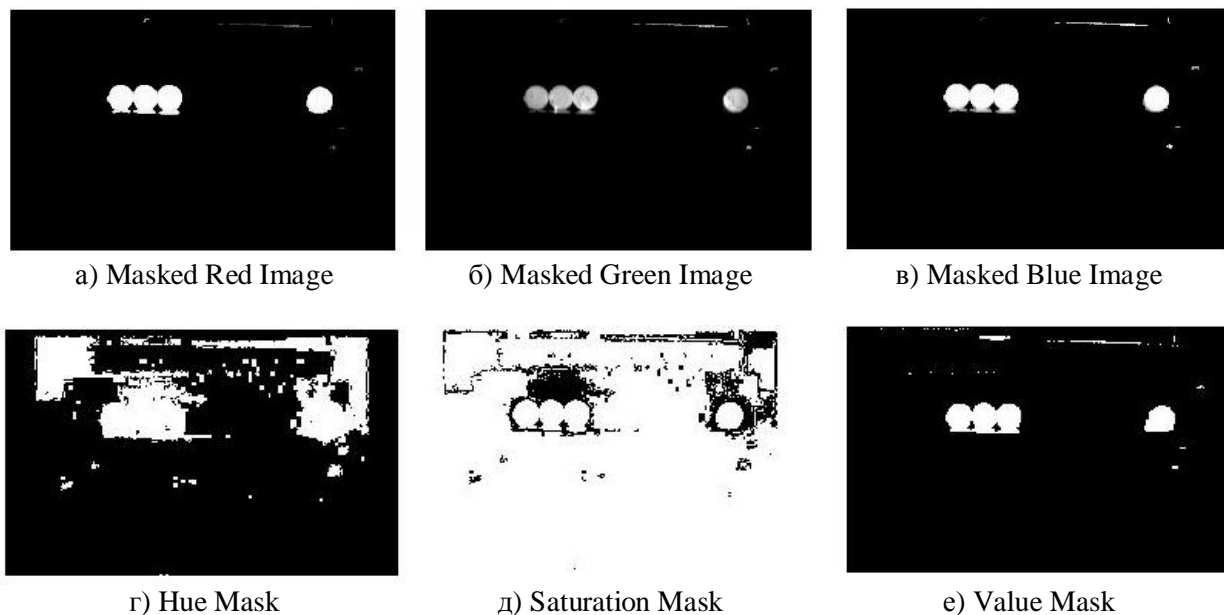


Рис. 3. Результати маскуванню у різних кольорових системах

Простір HSV (також HSB) – колірна модель, заснована на трьох характеристиках кольору:

- колірний тон (Hue), який варіюється в межах 0-360°, але іноді – діапазон 0-100 або 0-1;
- насиченість (Saturation), яка варіюється в межах 0-100 або 0-1. Чим більший цей параметр, тим «чистіший» колір, тому цей параметр іноді називають чистотою кольору. А чим ближчий цей параметр до нуля, тим ближчий колір до нейтрального сірого;
- значення кольору (Value), або яскравість (Brightness), задається в межах 0-100 або 0-1.

Після рішення використовувати простір HSV були проведені дослідження з підбору параметрів моделі. Таким чином, встановлене оптимальне значення параметра V, яке дозволяє достовірно оцінювати кількість помольних куль. Результати експерименту неведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – результати дослідження параметру V

Значення параметра V	Кількість помольних куль		Похибка
	знайдено	реально	
0.75	501	485	3.3%
0.8	495	485	2.1%
0.85	490	485	1.0%
0.9	484	485	0.2%
0.95	472	485	2.7%
1	468	485	3.5%

В результаті моделювання також встановлено, що доцільно використовувати морфологічні операції ерозії та дилатації, щоб виключити малорозмірні артефакти. У якості фільтра згладжування обрано метод фільтрації зображення за допомогою функції Гауса (GaussianBlur) з

розміром 9 пікселів, який призводить до розмивання зображення. Даний підхід використовується для зменшення перешкод на зображенні та зниження деталізації.

Для проведення сегментації досліджено методи з використанням гістограм. На рисунку 4 наведено приклад. Встановлено, що необхідно використовувати для верхньої границі параметри HSV(237, 0, 108), для нижньої – HSV(255, 170, 255).

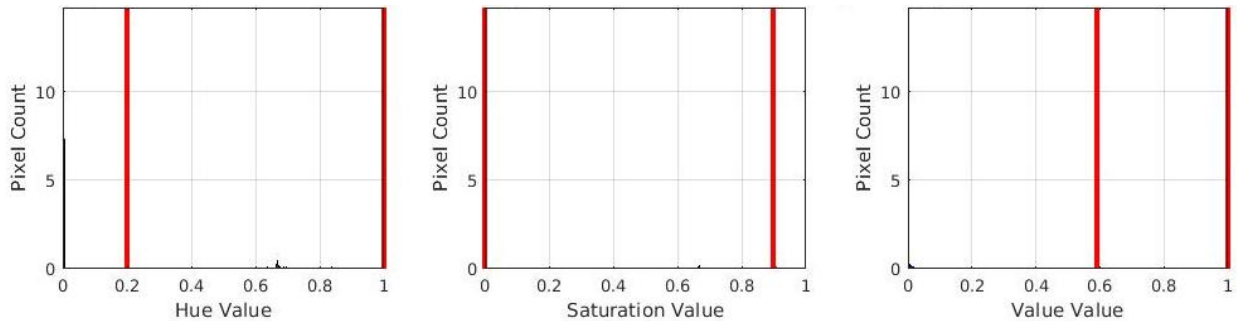


Рис. 4. Результати побудови гістограм

Перспективи подальших досліджень.

Для наведеної задачі були отримані оптимальні параметри для перетворення у систему кольорів HSV. Для проведення сегментації встановлені верхні та нижні границі відбору за кольором в просторі HSV, які дозволяють на цьому етапі визначити вірно помольні кулі з похибкою 0.2%. Таким чином, можна перейти до програмування заключного етапу – ідентифікації помольних кулі на основі перетворення Хафа.

1. Махно Т.А. Автоматизированная система обработки ультразвуковых изображений сонных артерий на основе эволюционных алгоритмов // Электротехнические и компьютерные системы, 2015.– №18(94).– С. 92-99.
2. Худов В.Г. Оцінка якості еволюційного методу сегментування зображення, що отримано з бортових систем оптико-електронного спостереження / В.Г. Худов, О.М. Маковейчук, І.А. Хижняк // Системи управління, навігації та зв'язку, 2017. – Випуск 4(44). – С. 133-137.
3. Рябова Л. В. Особенности алгоритма предварительной обработки изображений радужной оболочке глаза // Захист інформації, 2015. – Т.7. – №1. – С. 5-9.
4. Погорелов А. В. Сегментация изображений одиночных объектов на цифровых астрономических изображениях /А.В. Погорелов, В.Е. Саваневич, А.Б. Брюховецкий // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, 2017. – № 76. – С. 170-191.
5. Пятикоп Е.Е. Сравнение методов выделения контура для изображения капли металла/ Е.Е. Пятикоп, Т. А. Левицкая Т.А., Л. В.Тельных // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки, 2016. – Вип. 33. – С. 152-159.
6. Попов Е.Ю. Алгоритм распознавания дорожных знаков ограничения скорости / Е.Ю. Попов, Д.И. Крыжановский // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 6 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/06/14717>
7. Устройство для закалки шаров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/221/2210606.html>
8. Закалочный барабан. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prom-pechi.ru/index.php?id=64>
9. Пуятін Є.П. Методи та алгоритми комп'ютерного зору: навч. посіб./ Є.П. Пуятін, В.О. Гороховатський, О.О. Матат – ТОВ «Компанія СМІТ», – 2006. – 236 с.
10. Шапиро Л. Компьютерное зрение = Computer Vision/ Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: Бинум. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
11. Сегментация изображения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uk.wikipedia.org>
12. Романенко І. О. Аналіз ефективності сучасних методів сегментації цифрових зображень // Системи обробки інформації, 2016. – Випуск 3 (140). – С. 172-174.
13. Yuen H. K. Comparative study of Hough transform methods for circle finding./ H K Yuen, J. Princen, J. Illingworth and J. Kittler.// Image and Vision Computing – vol. 8, no.1, 1990, pp. 71-77. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.bmva.org/bmvc/1989/avc-89-029.pdf