
СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ЗОРУ І ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ З ОБРОБКОЮ ТА РОЗПІЗНАВАННЯМ ЗОБРАЖЕНЬ

УДК 681.3.069

А.В. КОЖЕМ'ЯКО, Г.С. КОЛЕСНИК

ЗНАХОДЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ НА ДЕРВИНІ ШЛЯХОМ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ

*Вінницький національний технічний університет,
21021, вул. Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна*

Анотація. У роботі розроблено алгоритм пошуку об'єктів на зображенні. Отримані результати показали порівняно високу швидкість та якість. Також проаналізовано методи автоматичного пошуку порогового значення бінаризації, для вирішення задачі сегментації.

Ключові слова: сегментація зображення, бінаризація зображення, порогове значення бінаризації, контурний аналіз.

Анотация. В работе разработан алгоритм поиска объектов на изображении, в основу которого положены методы сегментации и контурного анализа. Также, для наглядности, приведены и проанализированы другие методы бинаризации. Полученные результаты показали хорошее качество сегментации и сравнительно высокую скорость за счет эвристики части алгоритмов.

Ключевые слова: сегментация изображения, бинаризация изображения, контурный анализ, пороговое значение бинаризации.

Abstract: This paper investigates one of fundamental problem in computer vision: object detection. The developed algorithm addresses important topics: image segmentation and contour analysis. The results showed good detection quality and processing speed. Also analyzed different algorithm of auto thresholding.

Keywords: image processing, image segmentation, binarization, thresholding.

DOI: 10.31649/1681-7893-2018-36-2-20-27

ВСТУП

Задача знаходження та обробки об'єктів на зображенні є однією із найважливіших проблем у комп'ютерному зорі[1]. Існуючі алгоритми, на даний час, здатні вирішувати широкий спектр задач: автоматизації, контролю, безпеки і т.д. Більшість алгоритмів даного класу включають: топологічний аналіз, контурний аналіз, сегментацію зображення і т.д.

У даній роботі проаналізовані методи сегментації об'єктів за допомогою бінаризації зображення. Сама сегментація, ділить зображення на складові частини та об'єкти. Ступінь деталізації такого ділення залежить від поставленої задачі. Іншими словами сегментацію варто зупинити, коли шукані об'єкти уже виділені або ізольовані[2]. Наступним етапом буде виділення контуру об'єктів. Складність алгоритмів контурного аналізу, залежить в значній мірі від попередньої обробки зображення. Такий підхід дозволяє зробити певні висновки на етапі знаходження об'єктів та попередньо оцінити точність результатів.

Для вирішення задачі пошуку об'єктів на деревині можливі декілька варіантів алгоритмічної реалізації. Найкращим з точки зору швидкодії та точності є використання прикмет Хаара. Але даний метод потребує бази даних зразків, який складається, що не менш, як з 400 екземплярів шуканих об'єктів. Також не менш важливим недоліком є можлива зміна типу деревини у процесі експлуатації програми. Це потягне за собою створення нової бази даних зразків.

Ще одним підходом є аналіз кольорових зображень деревини, який здебільшого використовується як поєднання алгоритмів машинного навчання наприклад SOM та LBP. Такі методи не є достатньо швидкими для обробки деревини в реальному часі, але більш стійкі до зміни типу екземплярів.

Метод який розглядається у даній роботі є оптимальним рішенням по швидкодії, гнучкості та стійкості до похибок. Він не потребує вибірки для попереднього навчання, та може бути легко налаштований на необхідну точність по відношенню до типу деревини та її дефектів.

**КЛАСИФІКАЦІЯ МЕТОДІВ АВТОМАТИЧНОГО ПОШУКУ ПОРОГОВОГО ЗНАЧЕННЯ
БІНАРИЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ**

Розділяють на 6 груп методів[3]:

| Метод | Суть методу | Алгоритми даного методу |
|---|---|---|
| Аналізу гістограми зображення | У більшості випадків задача полягає у пошуку двох основних значень гістограми і проміжної впадини між ними за допомогою опуклої оболонки. | Shape_Rosenfeld, Shape_Sezan, Shape_Olivo, Shape_Ramesh |
| Кластеризації | Інформація сірого зображення піддається кластерному аналізу з двома кластерами. | Clustering_Riddler, Clustering_Otsu, Clustering_Lloyd, Clustering_Kittler |
| Ентропії | Використовує розподіл рівнів сірого на зображенні. Максимізація ентропії порога зображення інтерпретується як показник максимальної передачі інформації. | Entropy_Pun, Entropy_Kapur, Entropy_Li, Entropy_Shanbag, Entropy_Yen |
| Оснований на атрибутах об'єктів | Використовують подібність між початковим зображенням та його двійковою версією. Атрибути представляють шукані об'єкти заданої форми. | Attribute_Tsai, Attribute_Hertz, Attribute_Ogorman, Attribute_Huang |
| Оснований на просторовій інформації об'єкта | Використовується просторова інформація об'єкта у вигляді фонових ймовірностей, кореляційних функцій, лінійної залежності локальних інтенсивностей пікселів, двовимірної ентропії і т.д. | Spatial_Pal, Spatial_Abutaleb, Spatial_Chang, Spatial_Beghdadi |
| Оснований на локальних порогах | Поріг розраховується в кожному пікселі на основі деяких локальних статистичних даних, дисперсії та поверхневих установок. | Local_White, Local_Niblack, Local_Bernsen, Local_Palumbo. |

**АНАЛІЗ МЕТОДІВ БІНАРИЗАЦІЇ ТА ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО АЛГОРИТМУ
ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ**

Для подальшого аналізу оберемо тестове зображення (Рис. 1) на якому продемонструємо ефективність обраних трьох різних алгоритмів бінаризації:

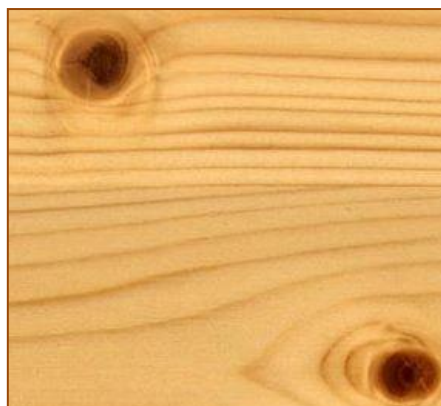


Рис. 1 – Тестове зображення

1. Метод Оцу

Оцу показав, що мінімізація дисперсії у середині класу рівносильна максимізації дисперсії між класами[4].

Алгоритм:

1. Обчислимо гістограму та частоту для кожної інтенсивності зображення.
2. Обчислимо початкові значення $\omega_1(0), \omega_2(0), \mu_1(0), \mu_2(0)$
3. Обчислимо $\sigma_b^2(t) = \omega_1(t)\omega_2(t)[\mu_1(t)-\mu_2(t)]^2$
4. Порівняємо $\sigma_b^2(t)$, з попереднім, якщо воно виявиться більшим, то запам'ятаємо.
5. Максимальне значення $\sigma_b^2(t)$ - поріг бінаризації.

Тут гістограмою є кількість пікселів для кожної інтенсивності зображення. А частотою $p_i = \frac{n_i}{N}$, де n_i – кількість пікселів інтенсивності i , N - загальна кількість пікселів зображення[5].

$$\omega_0(k) = \sum_{i=0}^k p_i, \quad \omega_1(k) = \sum_{i=k+1}^L p_i = 1 - \omega_0(k)$$

$$\mu_0(k) = \sum_{i=0}^k \frac{i \cdot p_i}{\omega_0}, \quad \mu_1(k) = \sum_{i=k+1}^L \frac{i \cdot p_i}{\omega_1}$$

2. Метод на основі градієнта яскравості зображення.

Припустимо, що аналізоване зображення можна розділити на два класи - об'єкти і фон.

Алгоритм[5]:

1. Визначається модуль градієнта яскравості для кожного пікселя зображення:

$$G(x, y) = \max\{|G_x(x, y)|, |G_y(x, y)|\}$$

$$G_x(x, y) = f(x + 1, y) - f(x - 1, y)$$

$$G_y(x, y) = f(x, y + 1) - f(x, y - 1)$$

2. Обчислення порога:

$$t = \frac{\sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} f(x, y) G(x, y)}{\sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} G(x, y)}$$

3 Метод Ніблека

Ідея даного методу полягає у знаходженні локального порогу для кожного пікселя на зображенні.

Алгоритм[3]:

1. Оберемо початкові параметри: вікно 15×15 , $k = +0.2$;
2. Обчислимо значення порогу для поточного пікселя:
$$t(x, y) = \mu(x, y) + k \cdot s(x, y);$$
3. Якщо інтенсивність поточного пікселя нижча порогового значення позначаємо даний піксель як фон, інакше як об'єкт.

Тут $\mu(x, y)$ – середнє і $s(x, y)$ – середньоквадратичне відхилення вибірки для деякої околиці точки 15×15 . Розмір околиці повинен бути мінімальним, але таким, щоб зберегти локальні деталі зображення. У той же час розмір повинен бути достатньо великим, щоб понизити вплив шуму на результат. Значення $k = -0.2$ задає досить хороший поділ об'єктів, якщо вони представлені чорним кольором, а значення $k = +0.2$, - якщо об'єкти представлені білим кольором[5].

Результат роботи розглянутих алгоритмів зображений на (Рис. 2):



Рис. 2 – Бінаризація зображення(зліва – метод Оцу, центр – Ніблек, справа градієнтний метод)

Гістограми розподілу інтенсивностей зображення та порогові значення для тестового зображення:

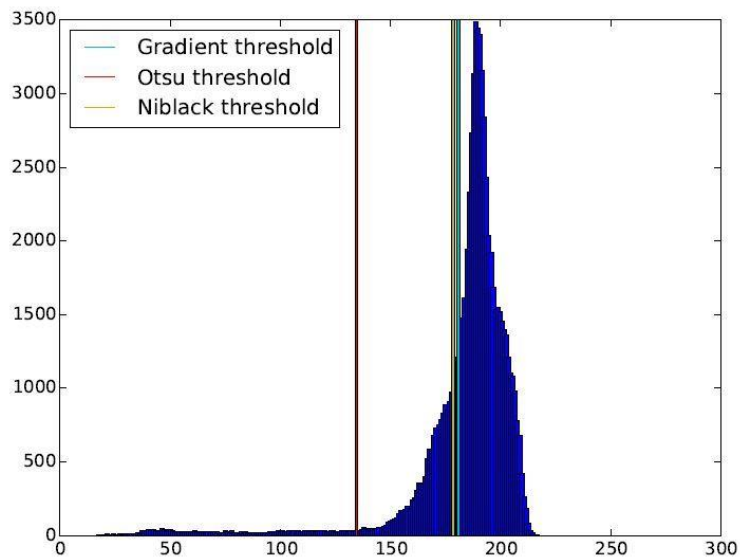


Рис. 3 – Гістограма тестового зображення

Локально аналізуючи область дефекту отримаємо наступну гістограму:

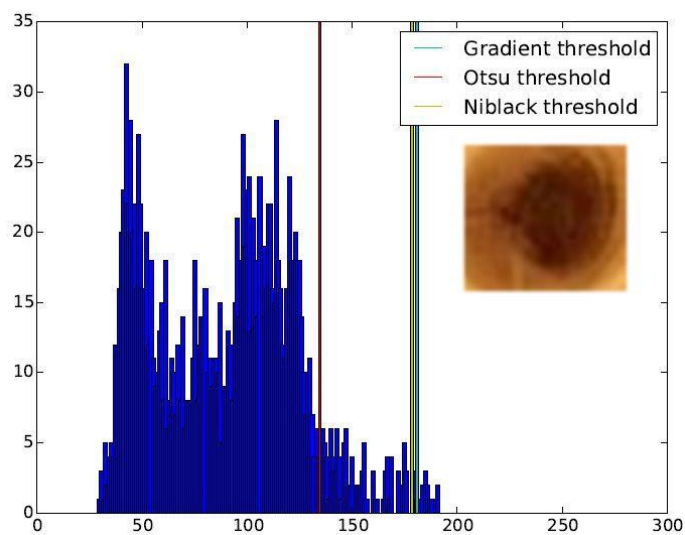


Рис. 4 – Гістограма локалізованого дефекту тестового зображення

Висновок: метод Оцу показав себе краще у конкретній задачі та буде застосований у даному алгоритмі.

ОБРОБКА БІНАРИЗОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА ОТПРИМАННЯ ЇХ ВИХІДНИХ КООРДИНАТ

Після бінаризації необхідно якимось чином виділити об'єкти. Одним з методів розмітки зображення є ABC маска. Вона дозволяє, за один прохід по зображенню, позначити мітками його об'єкти. Це робиться з метою, щоб потім, можна було визначити контур зображення, площу, геометричні характеристики об'єкта.

Прохід по зображенню здійснюється зліва-направо і зверху-вниз. Вважається, що за межами зображення об'єктів немає, тому, якщо туди потрапляють В або С - це вимагає додаткової перевірки при скануванні[4].

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | C | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | B | A | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |

Рис. 5 – ABC маска

Для розуміння методу розглянемо 5 можливих позицій для ABC маски(Рис. 6)[4]:

1. Коли **не** розмічені всі три компоненти маски - в цьому випадку ми просто пропускаємо піксель
2. Коли позначений тільки елемент А - в цьому випадку ми говоримо про створення нового об'єкта - новий номер.
3. Коли позначений елемент В - в цьому випадку ми помічаємо поточний піксель А міткою, розташованої в В.
4. Коли позначений елемент С - в цьому випадку ми помічаємо поточний піксель А міткою, розташованої в С.
5. Коли позначені елементи В і С, то мітки (номери об'єктів) В і С пов'язані - тобто еквівалентні і піксель А може бути позначений або як В або як С. В тому випадку, якщо В не дорівнює С то перенумеруем всі оброблені пікселі помічені як С в мітку В.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | C | 0 | 0 | C | 0 |
| 0 | 0 | B | A | 0 | B | A | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | C | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 1 | B | A | 0 | 0 | C |
| 0 | C | 0 | 0 | 0 | 0 | B | A |
| B | A | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Рис. 6 – 5 можливих позицій ABC маски

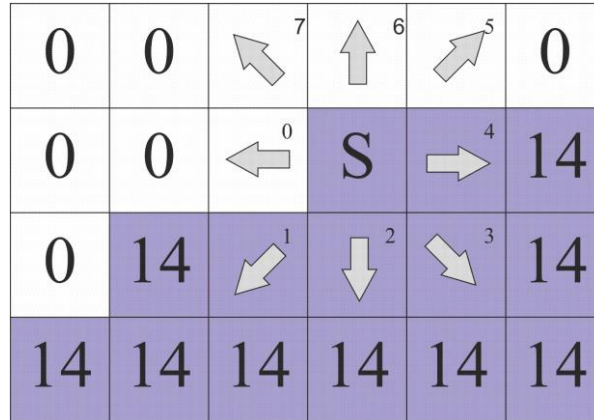


Рис. 9 – Схема алгоритму обходу контуру

Позначивши верхній контур одиницями для демонстрації алгоритму жука отримаємо:

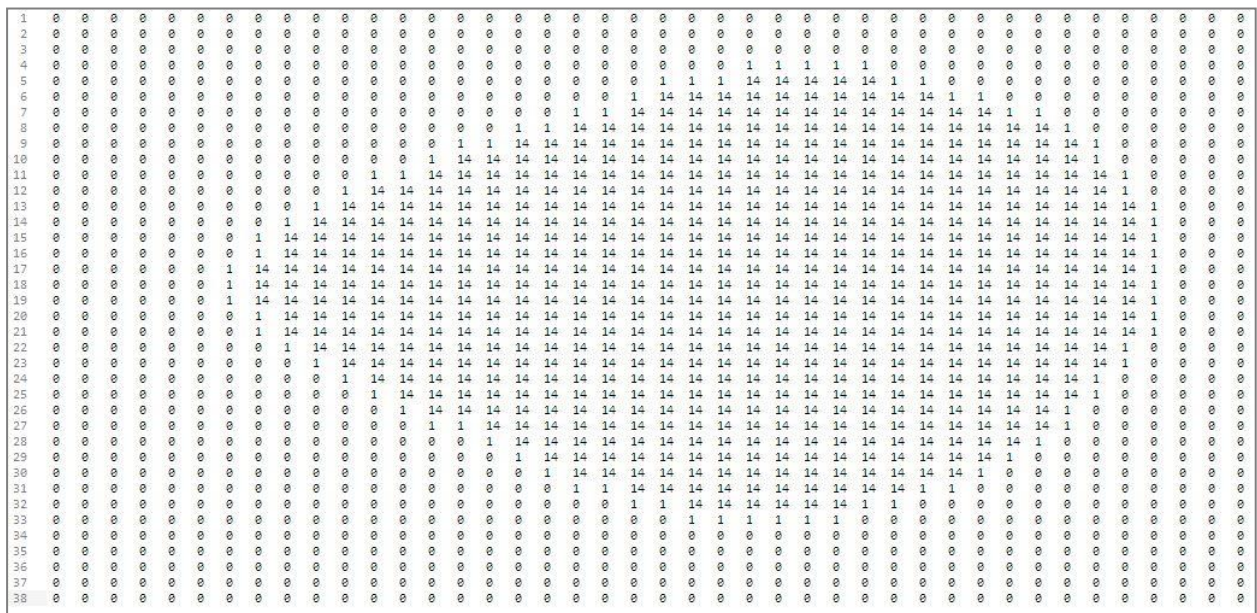


Рис. 10 – Контуризований дефект тестового зображення

З отриманими $\min(X,Y)$, $\max(X,Y)$ з масиву значень які позначенні одиницями, отримаємо кінцевий результат для тестового зображення:

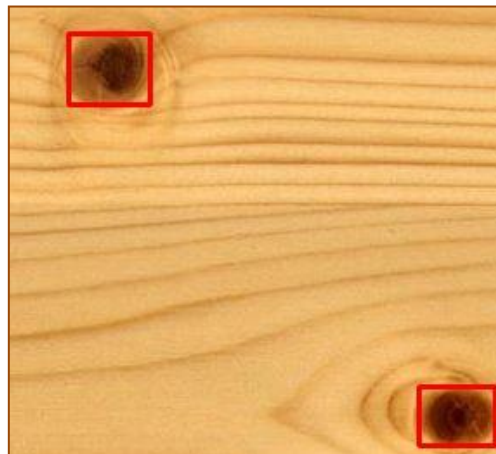


Рис. 11 – Візуалізація вихідних координат

ВИСНОВКИ

У даній роботі було розглянуто ефективність використання сегментації зображення по відношенню до поставленої задачі. Результати показали порівняно високу швидкість та можливість застосування алгоритму у реальному часі. Також були проаналізовані інші методи бінаризації та на отриманих ре-зультатах побудовано алгоритм пошуку дефектів на зображенні.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Szeliski R. (2010). Computer Vision: Algorithms and Applications.
2. Р. Гонсалес, Р. Вудс, (2012). Цифровая обработка изображений. Техносфера.
3. Mehmet Sezgin and Bulent Sankur, (2004). Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation, Journal of Electronic Imaging, 13, 1, 146–165. doi:10.1117/1.1631315.
4. Nobuyuki Otsu, (1979). A threshold selection method from gray-level histograms, IEEE Trans. Sys., Man., Cyber., 9, 62–66. DOI 10.1109/TSMC.1979.4310076.
5. Сегментация изображений [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habrahabr.ru/post/128768/>.
6. Подсчет объектов на бинарном изображении. Часть 1 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habrahabr.ru/post/199244/>.

REFERENCES

1. Szeliski R. (2010). Computer Vision: Algorithms and Applications.
2. R. Gonzalez, R. Woods, (2012). Digital Image Processing. Technosphere
3. Mehmet Sezgin and Bulent Sankur, (2004). Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation, Journal of Electronic Imaging, 13, 1, 146-165. do: 10.1117 / 1.1631315.
4. Nobuyuki Otsu, (1979). A threshold selection method from gray-level histograms, IEEE Trans. Sys., Man., Cyber., 9, 62-66. DOI 10.1109 / TSMC.1979.4310076.
5. Segmentation of images [Electronic resource] - Access to resource: <https://habrahabr.ru/post/128768/>.
6. Counting objects in a binary image. Part 1 [Electronic resource] - Access to the resource: <https://habrahabr.ru/post/199244/>.

Надійшла до редакції 17.11.2018р

АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ КОЖЕМ'ЯКО – к.т.н., доцент кафедри Лазерної та оптикоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.

КОЛЕСНИК ГЕННАДІЙ – аспірант кафедри Лазерної та оптикоелектронної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна.