

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИДІЛЕННЯ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННІ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

У роботі проведено аналіз методів виділення об'єктів на зображенні. Такі методи включають: попередню обробку, бінаризацію, фільтрацію, формування замкнутих контурів та їх подальшу обробку. На етапі попередньої обробки застосовуються методи радіометричної корекції, такі як нормалізація гістограми, еквалізація та контрастно-обмежена адаптивна еквалізація гістограми (CLAHE), з метою покращення якості зображення. Бінаризація виконується для отримання основи для формування контурів об'єктів, при цьому аналізуються методи порогової та адаптивної порогової бінаризації. Формування замкнутих контурів здійснюється за допомогою детектора Кенні, який забезпечує виявлення широкого спектра контурів на зображеннях. Подальша фільтрація контурів проводиться для видалення малорозмірних хибних об'єктів, що можуть впливати на точність формування загального контуру об'єктів. Згідно з проведенням аналізом, найбільш ефективним є поєднання методу покращення зображення CLAHE та адаптивної порогової бінаризації, що дозволяє досягти високої точності виділення об'єктів на зображенні.

Ключові слова: Нормалізація, еквалізація, гістограма, адаптивна бінаризація, порогова бінаризація, АНЕ, CLAHE.

Abstract

The methods of object extraction in the image are analyzed in the work. Such methods include: preprocessing, binarization, filtering, formation of closed contours and their further processing. At the preprocessing stage, radiometric correction methods such as histogram normalization, equalization and contrast-limited adaptive histogram equalization (CLAHE) are used to improve image quality. Binarization is performed to obtain a basis for forming object contours, while the methods of threshold and adaptive threshold binarization are analyzed. The formation of closed contours is carried out using a Kenny detector, which provides detection of a wide range of contours in images. Further filtering of contours is performed to remove small-sized false objects that may affect the accuracy of forming the general contour of objects. According to the analysis, the most effective is the combination of the CLAHE image enhancement method and adaptive threshold binarization, which allows achieving high accuracy of object extraction in the image.

Keywords: Normalization, equalization, histogram, adaptive binarization, threshold binarization, AHE, CLAHE.

Вступ

Розвиток методів цифрової обробки зображень дозволяє підвищити рівень автоматизації та точності аналізу зображень, скоротити час обробки та зменшити вплив людського фактору. Алгоритми комп'ютерного зору дають змогу автоматично розпізнавати об'єкти, виділяти ключові елементи зображення. Це сприяє більш точному аналізу даних, а також ефективності та швидкості роботи з зображень шляхом виділення інформації необхідної для роботи. Тому було вирішено провести аналіз існуючих методів обробки зображень для подальшого виділення необхідних зон.

Результати дослідження

Процес виділення об'єктів на зображенні а поділяється на такі етапи:

1. попередня обробка зображення;
2. бінаризація зображення;
3. фільтрація зображення;
4. формування замкнутих контурів об'єктів зображення;
5. фільтрація контурів.

Попередня обробка зображень проводиться з метою фільтрації і видалення хибних об'єктів. Така обробка включає методи радіометричної корекції з метою покращення сприйняття зображення оператором або підвищенням точності зони об'єктів зображення. До методів радіометричної обробки відносяться: нормалізація гістограми зображення, еквалізація зображення і метод контрастно-обмеженої адаптивної еквалізації гістограми (CLAHE).

Нормалізація гістограми зображення — це процес, який змінює діапазон значень інтенсивності пікселів. Він застосовується, наприклад, до фотографій з поганою контрастністю через наявність відблисків.

Нормалізація перетворює n -вимірне зображення у градаціях сірого зі значеннями інтенсивності в діапазоні (Min_{in}, Max_{in}) , у нове зображення зі значеннями інтенсивності в діапазоні (Min_{out}, Max_{out}) [2]. Нормалізація цифрового зображення в градаціях сірого виконується за формулою (1).

$$I = (I - Min_{in}) \frac{Max_{out} - Min_{out}}{Max_{in} - Min_{in}} + Min_{out} \quad (1),$$

де: I — яскравість пікселя зображення

Min_{in} — рівень мінімальної яскравості зображення;

Max_{in} — рівень максимальної яскравості зображення;

Min_{out} — рівень мінімальної яскравості нормалізованого зображення;

Max_{out} — рівень максимальної яскравості нормалізованого зображення.

Еквалізація гістограми зображення проводиться з метою корекції розподілення яскравостей таким чином, щоб розподілити їх рівномірно по всій шкалі [2]. Такий процес дозволяє заповнити вільні частки гістограми збільшуючи контраст зображення. Для рівня I , який є рівнем яскравості на гістограмі в діапазоні ($k = 0 \dots 255$) яскравість відповідного пікселя результуючого зображення буде розраховуватися по формулі 2.

$$I = (I_{max} - I_{min}) \sum_0^I H_I + I_{min} \quad (2)$$

де: I — яскравість пікселя зображення

I_{max} — максимальний рівень яскравості на зображенні

I_{min} — мінімальний рівень яскравості на зображенні

H_I — вірогідність I яскравості на зображенні

Адаптивне вирівнювання гістограми (АНЕ) — це техніка комп'ютерної обробки зображень, яка використовується для покращення контрастності зображень. Він відрізняється від звичайного вирівнювання гістограми тим, що адаптивний метод обчислює кілька гістограм, кожна з яких відповідає окремій частині зображення, і використовує їх для перерозподілу значень освітленості зображення. Таким чином, він підходить для покращення локального контрасту та покращення чіткості країв у кожній області зображення. Однак АНЕ має тенденцію до надмірного посилення шуму у відносно однорідних областях зображення. Варіант адаптивного вирівнювання гістограми, який називається адаптивним вирівнюванням гістограми з обмеженим контрастом (CLAHE) [3].

Фільтрація бінарізованого зображення проводиться з метою видалення малорозмірних хибних об'єктів, що впливають на формування загального контуру об'єктів зображення. До методів фільтрації відносяться медіанна фільтрація вікном (MedianBlur).

Медіанний фільтр — один з видів цифрових фільтрів, широко використовуваний в цифровій обробці сигналів та зображень для зменшення рівня шуму. Медіанний фільтр є нелінійним FIR-фільтром. Значення відліків усередині вікна фільтра сортується в порядку зростання (спадання); і значення, що знаходиться в середині упорядкованого списку, надходить на вихід фільтра. У разі парного числа відліків у вікні вихідне значення фільтра дорівнює середньому значенню двох відліків в середині упорядкованого списку. Вікно переміщується уздовж сигналу, що фільтрується, і обчислення повторюються.

Бінарізація зображення проводиться з метою отримання основи для формування замкнутих контурів об'єктів зображення. Для бінарізації проведено аналіз методів порогової і адаптивної порогової бінарізації [4] для розглянутих методів радіометричної корекції зображень.

Формування замкнутих контурів об'єктів зображення базується на використанні детектора Саппу[5], що використовує багатоетапний алгоритм для виявлення широкого спектру контурів на зображеннях. Формування контурів зображення відбувається шляхом проведення топологічного структурного аналізу[6].

Для проведення аналізу враховано неперервність зовнішнього контуру і мінімальна кількість контурів. Відповідно до вказаних обмежень максимальної ефективності отримано при використанні методу покращення зображення CLAHE і адаптивної порогової бінарізації.

Висновки

Проведено аналіз методів виділення об'єктів на зображенні, розглянуто етапи обробки зображення такі як: попередня обробка зображення, бінаризація зображення, фільтрація зображення, формування замкнутих контурів об'єктів, фільтрація контурів. Проведено аналіз результатів обробки зображень такими методами як: нормалізація, еквалізація гістограми, адаптивна бінаризація, порогова бінаризація, AHE, CLAHE.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Aerial Photography – URL: <https://www.archives.gov/research/cartographic/aerial-photography> (дата звернення 20.03.2025)
2. W. K. Pratt, “Digital Image Processing, PIKS Scientific Inside,” 4th Edition, A John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2007.
3. Adaptive histogram equalization – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Adaptive_histogram_equalization#Contrast_Limited_AHE (дата звернення 20.03.2025)
4. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods. Digital Image Processing (3rd Edition). Prentice Hall, August 2007.
5. Zhou, P., Ye, W., & Wang, Q. (2011). An Improved Canny Algorithm for Edge Detection. Journal of Computational Information Systems, 7(5), 1516-1523.
6. Satoshi Suzuki Topological structural analysis of digitized binary images by border following Satoshi Suzuki, Keiichi Abe Computer Vision, Graphics, and Image Processing Volume 30, Issue 1, April 1985, Pages 32-46

Рейда Микола Олександрович – студент 2 курсу Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: okashnik48@gmail.com.

Рейда Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: reyda@vntu.edu.ua.

Mykola Reyda – 2nd-year student, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: okashnik48@gmail.com.

Oleksandr Reyda – Ph.D., Associate Professor of Software Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: reyda@vntu.edu.ua.