

**BULLETIN 1' 2013
ENGINEERING
ACADEMY
OF UKRAINE**



1' 2013

ВІСНИК

**ІНЖЕНЕРНОЇ
АКАДЕМІЇ
УКРАЇНИ**

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



В І С Н И К
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ВИПУСК 1

***BULLETIN OF ENGINEERING
ACADEMY OF UKRAINE***

Issue 1

Київ 2013 Kyiv

УДК 004.93

¹В.Ю. Кучерук, д.т.н.
²Р.І. Ліщук

МЕТОД АДАПТИВНОЇ БІНАРИЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕННЯ З НЕРІВНОМІРНИМ ОСВІТЛЕННЯМ

¹Вінницький національний технічний університет, e-mail: kucheruk@mail.ru

²Уманський національний університет садівництва, e-mail: roma_lir@mail.ru

У статті запропоновано розширення методу Бернсена для покращення адаптивного порогового оброблення при бінаризації зображення з нерівномірним освітленням. При використанні запропонованого підходу отримується значне скорочення часу роботи алгоритму.

Ключові слова: інтегральне зображення, бінаризація, метод Отсу, метод Ніблека, метод Бернсена, QR-код

Вступ. Бінаризація зображення являє собою процес перетворення кольорової палітри зображення до двох кольорів. В порівнянні з оригіналом, бінарне зображення спотворюється, з'являється шум. У результаті цього виникають порушення цілісності структури об'єктів на бінарному зображенні. Порушення цілісності структури об'єктів виникає також внаслідок нерівномірного освітлення зображення, накладання об'єктів та ін.

Бінаризація зображення полягає у віднесенні кожного пікселя зображення в один із двох класів. Належність пікселя до певного класу залежить від специфіки розв'язуваної задачі, від характеристики як цього пікселя, так і його сусідів. У даній задачі потрібно виділити область на зображенні, яка за деякими ознаками відрізняється від інших, причому дані ознаки не завжди чітко виражені.

Аналіз існуючих досліджень. На рис. 1 представлений QR-код. QR-код – матричний код, розроблений і представлений японською компанією "Denso-Wave" в 1994 році. Основною перевагою QR-коду є легке розпізнавання скануючим обладнанням (цифровою камерою), що дає можливість використання його в різних сферах діяльності. Це зображення спеціально було оброблено за допомогою графічного редактора, з використанням інструменту "Гradient" для нанесення нерівномірного освітлення. Одним з найпростіших методів бінаризації є глобальна бінаризація. Для використання цього методу потрібно встановити поріг бінаризації. Порівняти значення яскравості кожного пікселя із заданим порогом та віднести піксель до об'єкта зображення чи фону. Недоліком такого методу те, що він враховує лише характеристики поточного пікселя й використовує глобальний для всього зображення поріг бінаризації, що робить його непридатним для застосування на практиці (рис. 2). До того ж, потрібно перебрати всі точки зображення, а для цієї операції потрібен час.

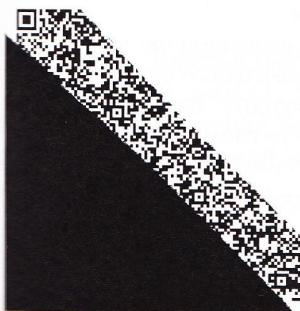


Рис. 1 QR-код з нерівномірним освітленням

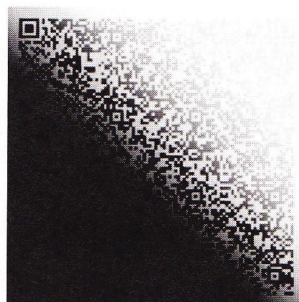


Рис. 2 Результат глобальної бінаризації

Для відділення об'єкту від фону необхідно виконати бінаризацію всього масиву пікселів зображення. Для цього розглянемо та проведемо аналіз найбільш використовуваних методів бінаризації: метод Отса, метод Ніблека, метод Бернса.

Одним із ефективних методів глобальної бінаризації, як за якістю так і за швидкістю виконання, є метод Отсу [1]. Метод використовує гістограму розподілу значень яскравостей пікселів растрового зображення. Будується гістограма за значеннями

$$p_i = n_i / N,$$

де N – це загальна кількість пікселів на зображенні; n_i – це кількість пікселів з рівнем яскравості i .

Діапазон яскравостей ділиться на два класи за допомогою порогового значення рівня яскравості k (k – ціле значення від 0 до L). Кожному класу відповідають відносні частоти ω_0 та ω_1 :

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

Середні рівні для кожного з двох класів зображення розраховуються за формулами:

$$\mu_0 = \sum_{i=1}^k \frac{ip_i}{\omega_0}; \quad \mu_1 = \sum_{i=k+1}^L \frac{ip_i}{\omega_1}.$$

Далі обчислюється максимальне значення оцінки якості поділу зображення на дві частини

$$\eta(k) = \max_{k=1}^{l-1} \left(\frac{\sigma_{кл}^2(k)}{\sigma_{заг}^2} \right),$$

де $\sigma_{кл}^2 = \omega_0 \omega_1 (\mu_1 - \mu_0)^2$ – міжкласова дисперсія; $\sigma_{заг}^2$ – загальна дисперсія для всього зображення.

До недоліків методу Отсу відноситься розмиття ліній, що зумовлюється, в більшості випадках, нерівномірним освітленням об'єкту бінаризації.

У методі Ніблека [2] значення порогу T обирається в межах певного околу (маски) пікселя розміру $N \times N$ при ($N=2k+1$), що бінаризується, виходячи зі співвідношення

$$T = m + k \cdot \sigma,$$

де m – середнє значення яскравості I ; σ – середньоквадратичне відхилення в межах маски; k – константа, яка підбирається так, щоб забезпечити найбільш якісну бінаризацію.

Розмір околу повинен бути мінімальним, але таким, щоб зберегти локальні деталі зображення. У той же час розмір повинен бути достатньо великим, щоб зменшити вплив шуму на результат. Величина k визначає, яку частину контуру об'єкта взяти як об'єкт. При $k=-0,2$ задається досить гарне розділення об'єктів, якщо вони представлені чорним кольором, а при $k=+0,2$ – якщо об'єкти представлені білим кольором. Даний метод в областях з плавною зміною рівнів сірого призводить до виникнення артефактів та шумів.

Метод Бернсена [3] базується на ідеї зіставлення рівня яскравості перетворюваного пікселя зі значеннями локальних середніх, обчислюваних в його околі. Пікселі зображення обробляються по черзі шляхом порівняння їх інтенсивності з середніми значеннями яскравості у вікнах (масках) з центрами в точках P_l ($l = 0, 1, \dots, 7$) (рис. 3).

P_1	P_2	P_3
P_0	$\begin{matrix} \leftarrow K \\ (m,n) \end{matrix}$	$\rightarrow P_4$
P_7	P_6	P_5

Якщо символ "1" означає елемент об'єкта, а "0" – елемент фону в результуючому бінарному зображенні, то значення перетвореного пікселя (m, n) стає рівним 1 тоді, коли для всіх $l = 0, 1, \dots, 7$ виконується умова

$$P_l - f(m, n) > t \quad \text{де } t - \text{параметр}; \quad P_l = \frac{1}{(2K+1)^2} \sum_{-K \leq i, j \leq K} f(m_l + i, n_l + j) - \text{середня}$$

локальна яскравість; $f(m, n)$ – яскравість в точці P_l з координатами (m, n) .

Рис. 3 Обробка пікселя

Автоматичне та адаптивне визначення величини локального параметра t замість використання глобального значення дозволяє усунути помилки порогового перетворення. Параметр t обчислюється за таким алгоритмом.

1. У вікні $(2K+1) \times (K+1)$ з центром у перетворюваних пікселів $f(m, n)$ обчислюються значення:

$$f_{\max} = \max_{-K \leq i, j < K} f(m+i, n+j); \quad f_{\min} = \min_{-K \leq i, j < K} f(m+i, n+j).$$

2. Обчислюються величини:

$$\Delta f_{\max} = |f_{\max} - P|; \quad \Delta f_{\min} = |f_{\min} - P|.$$

3. Якщо $\Delta f_{\max} > \Delta f_{\min}$, то локальне вікно $(2K+1) \times (2K+1)$, швидше за все, містить більше локальних низьких яскравостей, тому $t = \alpha \left(\frac{2}{3} f_{\min} + \frac{1}{3} P \right)$,

де α – константа з діапазону $[0,3; \dots; 0,8]$.

4. Якщо $\Delta f_{\max} < \Delta f_{\min}$, то в локальному вікні $(2K+1) \times (2K+1)$ міститься більше локальних високих

яскравостей, тому $t = \alpha \left(\frac{1}{3} f_{\min} + \frac{2}{3} P \right)$

5. Якщо $\Delta f_{max} = \Delta f_{min}$, то слід збільшити розмір вікна до $(2K+3) \times (2K+3)$ і повторити операції, починаючи з 1-го кроку. Якщо ж і в цьому випадку $\Delta f_{max} = \Delta f_{min}$, то піксель $f(m, n)$ відноситься до фону (або ж шуканий параметр вибирається як $t = \alpha P$).

Однак швидкість роботи даного алгоритму виявилася низькою. Тому виникла необхідність пошуку більш швидкодіючих рішень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як оптимізація даного алгоритму було прийнято рішення про представлення оброблюваного зображення у вигляді інтегрального. Інтегральне зображення може бути використане при наявності функції $f(x, y)$, що представляє деяку залежність між пікселями і дійсними числами (наприклад, яскравість пікселів), і необхідності обчислити суму цієї функції на деяких ділянках зображення.

Щоб обчислити інтегральне зображення, необхідно зберігати для кожної з прямокутних областей зображення число $I(x, y)$ – суму всіх значень $f(x, y)$ для пікселів, розташованих лівіше і вище пікселя (x, y) . Для кожного пікселя вірна формула

$$I(x, y) = f(x, y) - I(x-1, y-1) + I(x, y-1) + I(x-1, y).$$

При наявності обрахованого інтегрального зображення сума функції $f(x, y)$ для будь-якої прямокутної області з верхнім лівим кутом в пікселі (x_1, y_1) і нижнім правим кутом в пікселі (x_2, y_2) може бути за короткий час обчислена за допомогою виразу

$$\sum_{x=x_1}^{x_2} \sum_{y=y_1}^{y_2} f(x, y) = I(x_2, y_2) - I(x_2, y_1 - 1) - I(x_1 - 1, y_2) + I(x_1 - 1, y_1 - 1)$$

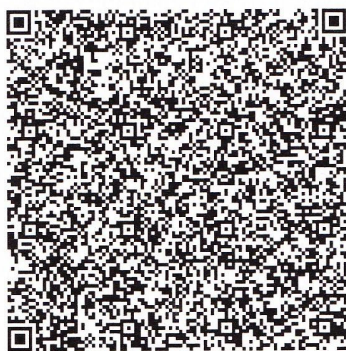


Рис. 4 Результат використання інтегральної матриці для адаптивної бінаризації зображення з нерівномірним

Наведений метод адаптивної порогової обробки є простим розширенням методу Бернсена, основною ідеєю якого є порівняння кожного пікселя із середнім арифметичним оточуючих його пікселів.

На першому проході по зображенню обчислюється інтегральне зображення. На другому проході обчислюється середнє в прямокутнику розміром $s \times s$, використовуючи інтегральне зображення для кожного пікселя, а потім здійснюється порівняння. Якщо значення поточного пікселя на t відсотків менше, ніж середнє, воно встановлюється в чорний колір на бінарному зображенні, інакше – в білий.

Результат використання інтегральної матриці для адаптивної бінаризації зображення з нерівномірним освітлення представлений на рис. 4.

Висновки. Використовуючи інтегральне представлення зображення, отримано значне скорочення часу роботи алгоритму за рахунок збереження в інтегральній матриці всіх компонентів. Бінаризація зображення займає чотири звертання до масиву і три арифметичні операції. Запропонований метод дозволяє уникнути різких контрастних ліній та ігнорувати невеликі градієнтні зміни.

Список літературних джерел

1. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms // IEEE Trans. Sys., Man., Cyber. 9, 1979. – pp. 62-66.
2. Niblack W. An introduction to digital image processing // Englewood Cliffs Prentice Hall, N.J. – 1986. – pp. 115-116.
3. Bernsen, J. Dynamic Thresholding of Grey-Level Images // Proc. of the 8th Int. Conf. on Pattern Recognition, 1986.
4. Crow F. Summed-area tables for texture mapping // SIGGRAPH, 1984. – 207–212.
5. Viola, P., Jones, M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // In IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, 2001. – pp. 511–518.