

УДК 004.932+ 004.931

Р. Н. КВЕТНИЙ, О. А. РЕМІННИЙ

**ВИСОКОШВИДКІСНИЙ МЕТОД КЛАСИФІКАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ**

*Вінницький національний технічний університет,  
Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, Україна  
тел: +38(063)3905407, E-mail: Alexander.Reminniy@gmail.com*

**Анотація.** В роботі представлені методи для розпізнавання об'єктів на основі геометричної відповідності розподілів точок, що належать об'єкту в геометричних фігурах, які окреслюють об'єкт. Метод працює через розбивання області знаходження об'єкта на частини, та обробку статистичної інформації, яку містять ці частини.

**Аннотация.** В работе представлены методы для распознавания объектов на основе геометрического соответствия делений точек, которые принадлежат объекту в геометрических фигурах, которые очерчивают объект. Метод работает через разбиение области нахождения объекта на части, и обработку статистической информации, которую содержат эти части.

**Abstract.** In this work methods for objects recognition on the basis of geometrical accordance of points' distribution, which belong to the object in geometrical figures outlining the object, are presented. Methods work through dividing area of object's layout to pieces, and statistical information processing that is aggregated using these parts.

**Ключові слова:** класифікація, бінарзоване зображення, форма, статистичний аналіз.

**ВСТУП**

В роботі розглядаються задачі класифікації об'єктів за їх формою. Прикладом може бути розпізнавання об'єктів на кухонному столі, класифікація об'єктів на морській поверхні, знятих спектральною камерою з повітря, класифікація об'єктів, що рухаються по вулиці. До проблем розпізнавання можна віднести віддаленість та кут повороту об'єктів. До існуючих методів можна віднести метод медіанних осей [1], розпізнавання на основі порівняння виділених характеристик [2-5], наприклад кутових характеристик [2].

В системах реального часу описані методи не завжди здатні справлятися з обчислювальним навантаженням. Тому виникає потреба у простих, однак достатньо потужних методах класифікації. Щоб задовольнити цій вимозі, запропоновано метод класифікації зображень на основі аналізу форми шуканих об'єктів. Основною перевагою над представленими методами є швидкість обробки вхідного зображення, коли для виділення інформації про все зображення достатньо зробити лише один прохід через всі пікселі. Крім того, мінімальною є і кількість даних, яка буде порівнюватись з еталонами, що також призведе до виграшу в швидкодії.

**АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ**

В [6] наведено варіант збору інформації про форму об'єкту за допомогою методу бінарних кругових обчислень. Наведемо коротку суть даного методу.

Спочатку знаходиться центр мас чорно-білого зображення предмету за формулою(1) – він і буде центром кола.

$$\begin{cases} X = \frac{x_1 \cdot m_1 + x_2 \cdot m_2 + \dots x_n \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \dots m_n}, \\ Y = \frac{y_1 \cdot m_1 + y_2 \cdot m_2 + \dots y_n \cdot m_n}{m_1 + m_2 + \dots m_n}, \end{cases} \quad (1)$$

де  $x_i, y_i$  – координати точки з масою  $m_i$ .

Оскільки вхідний файл ми вважаємо бінарним, кожна точка може приймати лише забарвлений ( $m_i = 1$ ) або незабарвлений ( $m_i = 0$ ) стан.



Рис. 1. Об'єкт в колі

Для знаходження радіусу кола, в які буде вписано об'єкт, запропоновано наступний метод. Від центру мас в  $k$  напрямках будуються вектори. Потім обирається  $m$  підмножина векторів з найдовшою довжиною проходження через об'єкт (через точки, які є забарвленими). Значення довжини радіусів знаходиться як:

$$R = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m r_i, r_i \in (O(n))_m. \quad (2)$$

На рисунку 4 представлено варіант з  $k = 8$ , при чому з прикладу видно, що лише 5 з 8-ми векторів перетинають об'єкт. Для данного прикладу найкраще буде обрати  $m = 2$  або  $m = 3$  для того, щоб максимально повністю вписати об'єкт у коло.

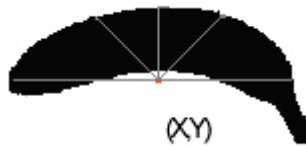


Рис. 2. Пошук радіусу описуючого кола

Для знаходження радіусу кожного додаткового кола всередині зовнішнього використовується формулу:

$$R_i = R_{i-1} \cdot \cos(45^\circ), \quad (3)$$

де  $R_i$  – радіус шуканого внутрішнього кола;  $R_{i-1}$  - радіус попередньо обчисленого кола.

Об'єкт кола представимо у вигляді залежності від пікселів, що йому належать:

$$C(P) = \frac{\sum p_{i,j}}{\sum p_{i,j} |_{p=1}}, \quad (4)$$

де  $p_{i,j}$  – піксель, що належить колу,  $p=1$  - забарвлений піксель.

В залежності від кількості класів об'єктів та їх складності вводиться будь-яка кількість внутрішніх кіл як характеристик –  $C(P_1), C(P_2), C(P_3) \dots$ . Даний варіант значно швидший за інші методи виділення місцевих особливостей об'єкту [7-8].

Результати аналізу конкретного  $C(P_i)$  об'єкту порівнюватимуться з еталонними  $C(P_i)$  значеннями для кожного з класів, в результаті чого знаходиться найбільш відповідні класи.

### МЕТОД БІНАРНИХ КВАДРАТИЧНИХ ОБЧИСЛЕНЬ

Для подальшого спрощення методу обмеження зовнішнього кола замінюється квадратом. Кожна операція знаходження належності пікселя колу передбачає попереднє обчислення точки зовнішньої межі радіусу(точка  $O$  на рис. 3).



Рис. 3. Аналіз зображення, вписаного в коло

При руху вздовж прямої  $AB$  положення точки  $O$  відносно осі абсцис обчислюється як  $\sqrt{R^2 - Y^2}$ , де  $R$  – радіус кола,  $Y$  – відстань від центру кола до рядка пікселів, вздовж якого виконується проходження (в пікселях). Для кожного рядку потрібно розрахувати знаходження точок  $O$  та  $O_1$ .

Для того, щоб усунути з алгоритму дану операцію, пропонується замінити форму описуючої фігури на квадрат(рис 4). Ширина та висота:

$$h = d = 2 \cdot R. \quad (5)$$

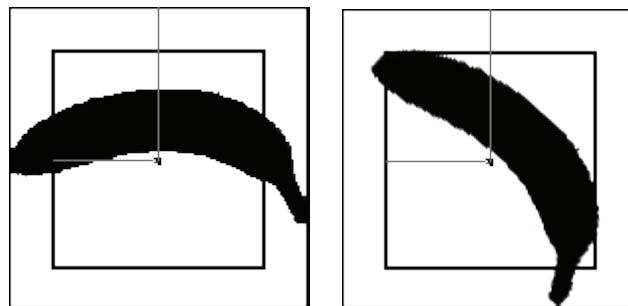


Рис. 4. Об'єкт в квадраті під різними кутами

До переваг можна віднести відсутність залежності від масштабування та кутів повороту. До недоліків – потреба в однаковому ракурсі та обмеженість кількості класів (при великій кількості класів значно зростає ймовірність того, що для об'єктів з різних класів буде притаманний однаковий кореляційний розподіл пікселів). Тому даний метод матиме сенс лише при роботі з окремою групою предметів. До задач, які відповідають даному обмеженню, можна віднести класифікацію об'єктів у певній локації.

### СЕГМЕНТАЦІЯ ЗОБРАЖЕННЯ

Задача сегментації зображення також є не новою і спорідненою до процесу розпізнавання. Коли зображення містить декілька об'єктів, обов'язково їх спочатку потрібно виділити.

Для задач пов'язаних з виконанням у реальному часі пропонується попередній метод вузлової обробки для зменшення вхідної інформації сегментації з подальшим розширенням області перед розпізнаванням.

Розглянемо певне бінарзоване зображення(рис.5). Для пришвидшення обробки під час сегментації, відбувається перехід до матричного вигляду за формулою:

$$M_{i,j} = \begin{cases} 1, & A_{i\Delta,j\Delta} = 1 \\ 0, & A_{i\Delta,j\Delta} = 0 \end{cases}, \quad (6)$$

де  $M_{i,j}$  – комірка нової матриці;  
 $A$  – вхідна матриця бінаризованого зображення;  
 $\Delta$  – крок зменшення вхідної матриці.  
 Для боротьби з шумом використовуються додаткові прийоми типу

$$M_{i,j} = 0, \begin{cases} M_{i,j-1} = 0 \cup M_{i,j+1} = 0; \\ M_{i+1,j} = 0 \cup M_{i-1,j} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Таким чином, вхідне зображення розміром  $A \times B$  буде перетворене в зображення  $X \times Y$ ,  $X = A/\Delta$ ,  $Y = B/\Delta$ .

Для відновлення використовується сегментована область з навколишніми прилягаючими областями.

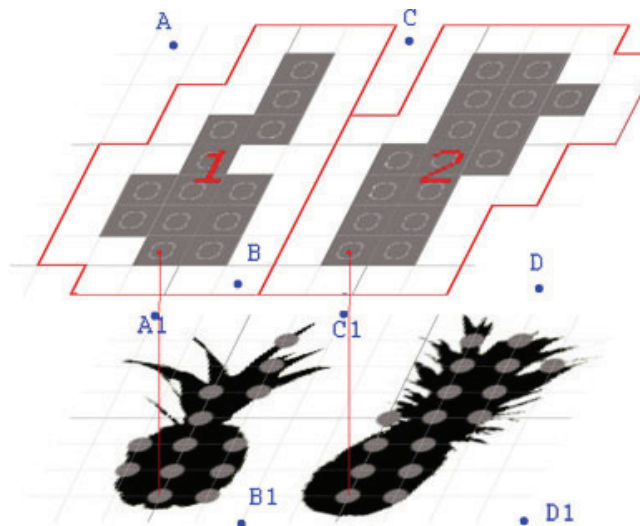


Рис. 5. Вузлова сегментація

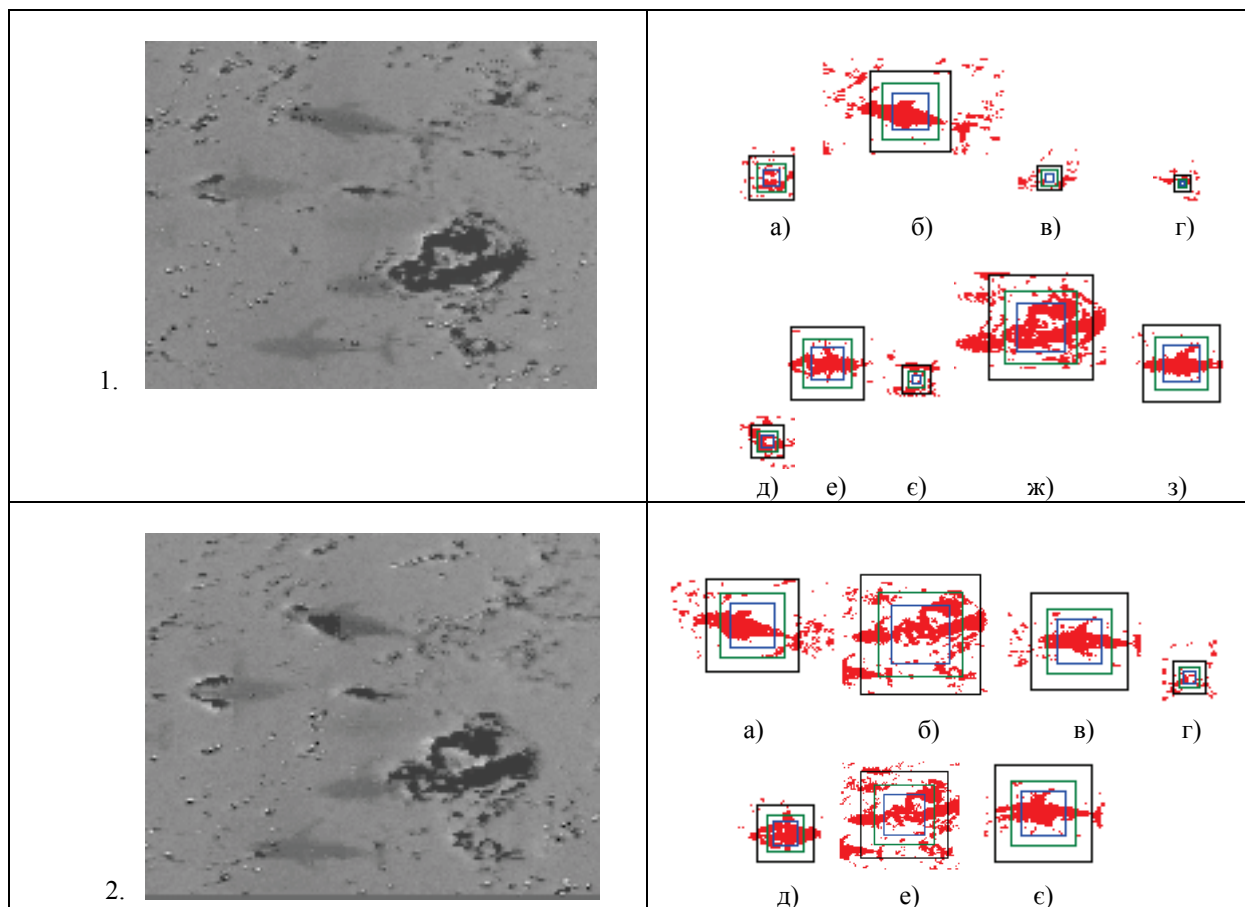
Алгоритм сегментації пропонується базовий через проходження всіх пікселів зображення. При знаходженні стартового зафарбованого пікселя розглядаються всі суміжні, і якщо вони є зафарбовані – область знаходження об'єкту розширюється. Фіксація нових меж відбувається за допомогою координат точок A,B (рис 5).

### ПРОГРАМА ОБРОБКИ

Програма обробки включає всі вищеописані кроки. Приклади результатів сегментації зображень китів, знятих спектральною камерою(з автоматичним вибором порогу бінаризації), наведені в таблиці 1. Незважаючи на значну зашумленість, є досить багато добре сегментованих контурів 1- б, д, ж(кити), є – всплеск; 2 – б, г, д, є(кити), а, е(всплески).

За рахунок введення квадратичного методу обчислення кількість операцій по обробці конкретного об'єкту зменшилась, а ефективність зменшилась на всіх наборах не більш ніж на 7% (в порівнянні з методом, наведеним в [6]).

## Сегментація вхідних зашумлених зображень



## ВИСНОВКИ

В даній статті представлено новий метод класифікації об'єктів за кореляційними ознаками відповідності розподілів зафарбованих точок, що належать об'єкту всередині геометричних фігур, які окреслюють об'єкт. Як геометрична фігура було обрано квадрат, що надає просторову інваріантність плоским об'єктам та незалежність від масштабування, при чому покращується час обробки зображення в порівнянні з методом кругової обробки. Під час проведення експерименту було досягнуто високої швидкодії та високої імовірності коректної класифікації. В подальшому планується продовжити роботу з наведеним методом для вдосконалення його стійкості по відношенню до присутності шуму на зображенні та підвищенню точності.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. S. C. Zhu. Stochastic Jump-Diffusion process for computing Medial Axes in Markov Random Fields/ S. C. Zhu // IEEE Trans. on PAMI. - Vol. 21, No.11. – 1999. – P. 1158-1169.
2. Mikolajczyk K. Shape recognition with edge-based features/ Mikolajczyk K., A. Zisserman, C. Schmid// Proceedings of the British Machine Vision Conference. – 2003.
3. Agarwal S. Learning a sparse representation for object detection/S. Agarwal, D. Roth// In Proc. ECCV. - Vol.4. - 2002. - P.113–130.
4. Amores J. Fast spatial pattern discovery integrating boosting with constellations of contextual descriptors/J. Amores, N. Sebe, and P. Radeva// In Proc. CVPR. - Vol.2.- 2005. - P.769–774.
5. Bouchard G. Hierarchical part-based visual object categorization/ G. Bouchard B. Triggs// In Proc. CVPR. - 2005. - P.710–715.
6. Kvetny R.N. Binary circular calculations method for the objects classification using their form/ Kvetny R.N., Reminnyi O.A. // Aplikovane vedecke novinki. – 2009. – P 54 - 60.

7. Grauman K. Pyramid match kernels: Discriminative classification with sets of image features/ Grauman K., Darrell T. // Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory Technical Report. – 2005. – P. 1-12.
8. Fei-Fei L. One-shot learning of object categories/ L. Fei-Fei, R. Fergus, and P. Perona //Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2006 – V.28. – P. 594 – 611.
9. R. Fergus. Object class recognition by unsupervised scale-invariant learning/ R. Fergus, P. Perona, and A. Zisserman // In Proc. CVPR. – 2003 – v.2, P. 264–271.

Надійшла до редакції 20.05.2009р.

**КВЕТНИЙ РОМАН НАУМОВИЧ** – д.т.н., професор, Вінницький національний технічний університет, кафедра автоматичної та вимірювальної техніки, завідувач кафедри, м. Вінниця, Україна.

**РЕМІННИЙ ОЛЕКСАНДР АНДРІЙОВИЧ** – магістр, кафедра автоматичної та вимірювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна.