

УДК 004.93

## МЕТОД ВИДІЛЕННЯ ХАРАКТЕРНИХ ТОЧОК ЗОБРАЖЕННЯ НА ОСНОВІ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗУ ФУНКЦІЇ КРИВИЗНИ

Д. І. Загородня, К. Ю. Ковалок, д. т. н. В. М. Крилов

Тернопільський національний економічний університет  
Україна, м. Тернопіль  
dza@tneu.edu.ua

*Розглянуто побудову функції кривизни в полярній системі координат та здійснено накладання вейвлету Хаара на функцію кривизни контуру зображення, що дало змогу виділити характерні точки на контурі зображення з потрібною для цілі обробки деталізацією.*

*Ключові слова:* контур, характерні точки, функція кривизни, вейвлет Хаара.

Актуальною проблемою при систематизації та автоматизації обробки відеоданих залишається потреба у надто великих обчислювальних ресурсах для безпосереднього аналізу всієї інформації. Відомо, що при розпізнаванні об'єктів найхарактернішими ознаками є їхні контури. Перехід до обробки контуру зображення дозволяє у 20—30 разів зменшити об'єм інформації, що обробляється. А однією із задач контурної сегментації є виділення характерних точок контуру [1].

Існуючі методи виділення характерних точок мають свої недоліки: диференціальний — не можна регулювати кількість виділених характерних точок і низька завадостійкість, полігональний — складність і високі обчислювальні затрати, інтерполяційний — низька точність. Тому в даній роботі розроблено метод виділення характерних точок на основі вейвлет-аналізу функції кривизни.

Особливістю методу контурної сегментації на основі вейвлет-аналізу є можливість виділити на зображенні об'єкти або деталі об'єктів з потрібною для цілі обробки деталізацією [2].

Функція кривизни представляє собою диференціальну функцію координат контуру [3]. Для полярної системи координат кривизна визначається наступним чином:

$$\rho_i = \sqrt{\bar{x}_i^2 + \bar{y}_i^2}, \quad \theta_i = \arctg\left(\frac{\bar{y}_i}{\bar{x}_i}\right), \quad (1)$$

$$\bar{x}_i = x_i - \bar{x}, \quad \bar{y}_i = y_i - \bar{y}, \quad (2)$$

де  $(x_i, y_i) \in X$  — впорядкована множина точок контуру зображення в декартовій системі координат,  $\bar{x}$ ,  $\bar{y}$  — середня точка зображення контуру,  $\rho_i$  — величина кривизни, що відповідає куту  $\theta_i$ .

Для побудови функції кривизни використано зображення із бази зображень ORL [4]. Дане зображення, його контур та графік функції кривизни контуру представлені на рис. 1. На графіку по осі абсцис встановлено значення кута, який знаходиться в діапазоні  $(-\pi; \pi)$ , а по осі ординат — значення функції кривизни  $\rho_i$ .

Проте, в міру диференціальної природи, сама функція кривизни має низьку завадостійкість: будь-які максимуми і мінімуми відзначаються як характерні точки, за рахунок чого виділяється велика кількість таких точок. Тому, для виходу з даної ситуації, запропоновано використати вейвлети Хаара, які добре зарекомендували себе в практичних завданнях обробки дискретних сигналів.

Вейвлет-перетворення функції кривизни в базисі Хаара полягає в лінійному перетворенні функції кривизни  $\rho$  парної розмірності  $2\pi$  в інший вектор  $H$  згідно з формулою:

$$H_j = \sum_{i=j-a}^{j-1} \rho_i \cdot 1 + \sum_{i=j}^{j+a} \rho_i \cdot (-1), \quad (3)$$

де  $j \in [-\pi + a; \pi - a)$ ,  $2a$  — довжина вейвлету Хаара.

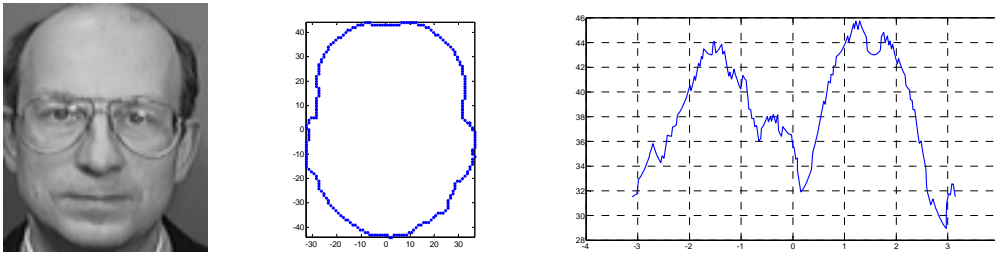


Рис. 1. Зображення голови, контур форми голови та його функція кривизни

В залежності від значення параметру  $a$  буде виділятися різна кількість характерних точок: чим менше значення – тим більша кількість характерних точок.

На рис. 2,  $a$  зображена функція, яка утворилась внаслідок накладання вейвлету Хаара на функцію кривизни при  $a = 10$  згідно формули (3) на функцію кривизни з рис. 1. Характерні точки на представленому графіку знаходяться на перетині графіка з віссю абсцис.

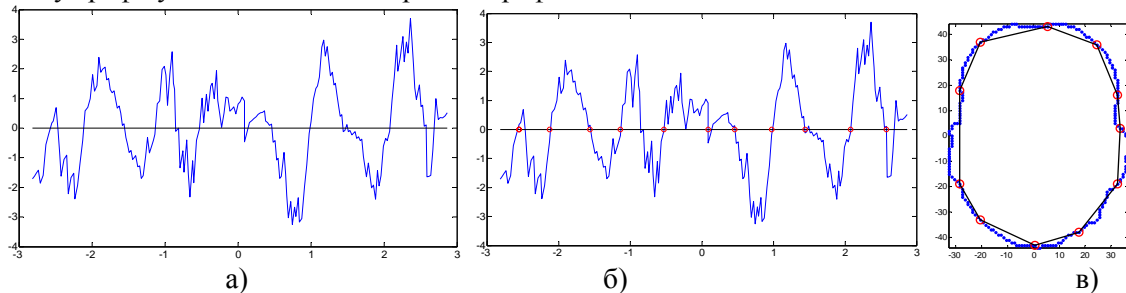


Рис. 2. Результати роботи методу

Як видно з рис. 2,  $a$  деякі характерні точки знаходяться поруч одна з одною, що в свою чергу не несе змістового наповнення (кардинальних змін у контурі форми голови), тому запропоновано враховувати тільки одну характерну точку, коли відстань між характерними точками менша за параметр  $a$ . З урахуванням цього, на рис. 2,  $b$  такі характерні точки, що задовольняють даній умові, було обведено колами, а на рис. 2,  $c$  — характерні точки із рис. 2,  $b$  перенесено на контур голови та послідовно сполучено.

Відомо, що при розпізнаванні об'єктів найхарактернішими ознаками є їхні контури. Перехід до обробки контуру зображення дозволяє у 20—30 разів зменшити об'єм інформації, що обробляється, а регулювання довжини вейвлету дає можливість виділяти потрібну для цілі обробки кількість характерних точок. Для розглянутого зображення (рис. 1), що складається з 6992 пікселів, контур складається з 233 точок, а при довжині вейвлету Хаара  $a=10$ , виділено 11 характерних точок.

Запропонований метод виділення характерних точок на основі накладання вейвлету Хаара на функцію кривизни, побудовану в полярній системі координат, є простим у реалізації, не потребує високого рівня апаратних затрат та має достатню для практичного використання швидкодію.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Крылов В. Н., Максимов М. В. Вторичные преобразователи сигналов изображений.— Одесса: Астропринт, 1997.
2. Полякова М. В., Крылов В. Н.. Морфологический метод контурной сегментации изображений на основе репагулярного вейвлет-преобразования // Труды Одесского политех. унив.— 2006.— Вып. 1(25).— С. 98–103.
3. Daguang Jiang, Junkai Yi. Comparison and Study of Classic Feature Point Detection Algorithm // Proc. of the 2012 Int. Conf. on Computer Science and Service System.— China, Nanjing.— 2012.— P. 2307–2309.
4. The DB of Faces: AT&T Lab. Cambridge.— [www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facesatag glance.html](http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facesatag glance.html)

D. I. Zahorodnia, K. Y. Kovalok, V. M. Krylov

#### Inflection points detection method using wavelet transform of curvature function.

This paper considers the construction of the curvature function in polar coordinates and an overlay of Haar wavelet function on the curvature function of the image contour, which helps to identify inflection points on the contour of the image with detailing necessary for processing purposes.

Keywords: *contour, inflection points, curvature function, Haar wavelet.*