

УДК 004.056.53:57.087.1

К.О. Трифонова, магістр,  
Е.І. Гришикашвілі, бакалавр,  
А.Р. Агаджанян, канд. техн. наук,  
Одес. нац. політехн. ун-т

## ВИЗНАЧЕННЯ КОНТУРІВ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА ДЛЯ СИСТЕМИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛЮДИНИ

**Вступ.** В сучасних умовах організації безпеки інформаційних систем перед тим, як отримати доступ до ресурсів інформаційної системи, користувач має пройти процес ідентифікації (представлення ідентифікатора) та аутентифікації (підтвердження ідентифікації деякою секретною інформацією, наприклад, паролем). Проте процедури ідентифікації та аутентифікації користувача можуть базуватися не тільки на секретній інформації, якою володіє користувач (пароль, секретний ключ, персональний ідентифікатор і т.п.).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останнім часом все більше розповсюдження отримує біометрична ідентифікація і аутентифікація користувача, що дозволяє впевнено ідентифікувати потенційного користувача [1]. При біометричній ідентифікації використовують унікальні характеристики людини. Метод ідентифікації за райдужною оболонкою ока вважається одним з найбільш точних і надійних способів ідентифікації людини. Першим етапом даного біометричного методу є локалізація, тобто визначення центра зірничі й кордонів райдужної оболонки ока людини на цифровому зображенні. Для вирішення завдання локалізації використовують алгоритм Хафа, що потребує в якості вхідних даних бінарне зображення контурів цифрового зображення райдужної оболонки ока [2, 3].

**Метою дослідження** є адаптація алгоритму Канні як одного з найефективніших методів визначення контурів для можливості вирішення завдання визначення бінарного зображення контурів райдужної оболонки ока людини при реалізації біометричної системи ідентифікації засобами мобільного пристрою.

**Викладення основного матеріалу.** Для досягнення поставленої мети розглядається та реалізовується алгоритм визначення контурів Канні [2], який складається з таких кроків: згладжування; визначення градієнта; пошук локальних максимумів градієнта; подвійна порогова фільтрація з трасуванням. Розглянемо кожний крок більш детально.

**Згладжування.** Першим кроком алгоритму Канні для зменшення шумів та підвищення якості визначення контурів зображення є згладжування (або розмиття) цифрового зображення. Згладжування досягається завдяки послабленню високих частот цифрового зображення в частотній ділянці.

Низькочастотна фільтрація цифрового зображення  $S = [s_{ij}]_{i=1, j=1}^{n, m}$  здійснюється ядром Гаусса [4]

$$h_{ij} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(i^2+j^2)}{2\pi\sigma^2}},$$

де  $s_{ij}$  — значення яскравості пікселя з координатами  $i, j$ ;

$\sigma$  — масштаб гауссіана.

Для фільтрації пропонується використовувати лінійний фільтр з апертурою  $5 \times 5$  та  $\sigma = 1,4$

DOI 10.15276/opu.1.45.2015.18

© К.О. Трифонова, Е.І. Гришикашвілі, А.Р. Агаджанян, 2015

$$H = \begin{pmatrix} 0,0121 & 0,0261 & 0,0337 & 0,0261 & 0,0121 \\ 0,0261 & 0,0561 & 0,0724 & 0,0561 & 0,0261 \\ 0,0337 & 0,0724 & 0,0935 & 0,0724 & 0,0337 \\ 0,0261 & 0,0561 & 0,0724 & 0,0561 & 0,0261 \\ 0,0121 & 0,0261 & 0,0337 & 0,0261 & 0,0121 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Зображення після фільтрації  $F = [f_{ij}]_{i=1,j=1}^{n,m}$  отримують в результаті згортки

$$F = S * H,$$

де  $*$  — оператор двовимірної згортки;

$S$  — матриця цифрового зображення;

$H$  — лінійний фільтр (1).

*Визначення градієнта.* Наступним кроком алгоритму Канні є визначення градієнта цифрового зображення, тобто напрямку та норми максимальної швидкості зміни яскравості в кожній точці цифрового зображення [4].

Розрахунок градієнта зображення після фільтрації  $F$  виконується за допомогою оператора Собеля [4] з масками  $M_x$  та  $M_y$ :

$$M_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad M_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}.$$

Складові градієнтів  $G_x = [g_{x_{ij}}]_{i=1,j=1}^{n,m}$  та  $G_y = [g_{y_{ij}}]_{i=1,j=1}^{n,m}$  за просторовими координатами

$$G_x = F * M_x, \quad G_y = F * M_y.$$

Тоді норма  $G = [g_{ij}]_{i=1,j=1}^{n,m}$  та кут  $A = [\alpha_{ij}]_{i=1,j=1}^{n,m}$  градієнта цифрового зображення

$$g_{ij} = \sqrt{g_{x_{ij}}^2 + g_{y_{ij}}^2}, \quad \alpha_{ij} = \arctg\left(\frac{g_{x_{ij}}}{g_{y_{ij}}}\right).$$

*Пошук локальних максимумів градієнта.* В результаті застосування оператора Собеля в ділянці постійної яскравості цифрового зображення, тобто ділянці, де немає різких перепадів або контурів, отримують малі або близькі до нуля за модулем вектори градієнта. В точках, що відносяться до контурів, норма вектора значно більша, а напрямок — у бік збільшення яскравості зображення. Тому точки цифрового зображення, в яких досягається локальний максимум модуля градієнта в напрямку вектора градієнта цифрового зображення відносять до контурів, позначають  $K_{ij}$  та визначають за виразом

$$K_{ij} = \begin{cases} (G_{ij} = \text{Max}(G_{ij-1}, G_{ij}, G_{ij+1}) ? G_{ij} : 0), & \text{якщо } \tilde{\alpha}_{ij} = 0^\circ; \\ (G_{ij} = \text{Max}(G_{i+1j-1}, G_{ij}, G_{i-1j+1}) ? G_{ij} : 0), & \text{якщо } \tilde{\alpha}_{ij} = 45^\circ; \\ (G_{ij} = \text{Max}(G_{i-1j}, G_{ij}, G_{i+1j}) ? G_{ij} : 0), & \text{якщо } \tilde{\alpha}_{ij} = 90^\circ; \\ (G_{ij} = \text{Max}(G_{i-1j-1}, G_{ij}, G_{i+1j+1}) ? G_{ij} : 0), & \text{якщо } \tilde{\alpha}_{ij} = 135^\circ, \end{cases}$$

де  $\text{Max}(x, y, z)$  — операція визначення максимального з елементів  $x, y, z$ ;

вираз  $? a : b$  видає значення  $a$ , якщо попередній вираз приймає значення “істина” і значення  $b$  у іншому випадку;

$\tilde{\alpha}_{ij}$  — кут вектора градієнта в кожній точці цифрового зображення після квантування, проведеного таким чином:

$$\tilde{\alpha}_{ij} = \begin{cases} \left[ \frac{\alpha_{ij}}{45^\circ} \right] \cdot 45^\circ, & \text{якщо } 0^\circ \leq \alpha_{ij} < 157,5^\circ; \\ \left[ \frac{\alpha_{ij} - 180^\circ}{45^\circ} \right] \cdot 45^\circ, & \text{якщо } 157,5^\circ \leq \alpha_{ij} < 337,5^\circ; \\ \left[ \frac{\alpha_{ij} - 360^\circ}{45^\circ} \right] \cdot 45^\circ, & \text{якщо } 337,5^\circ \leq \alpha_{ij} \leq 360^\circ. \end{cases}$$

Подвійна порогова фільтрація з трасуванням. Останнім кроком алгоритму Канні є подвійна порогова фільтрація з трасуванням ділянки невизначеності, метою застосування якого є уточнення отриманих на попередньому кроці контурів шляхом використання конкретних значень верхнього  $T_H$  та нижнього  $T_L$  порогів:

$$\tilde{K}_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } K_{ij} \geq T_H; \\ 1, & \text{якщо } (T_L < K_{ij} < T_H) \&\& \\ & (K_{i-1,j-1} > T_H \parallel K_{i-1,j} > T_H \parallel K_{i-1,j+1} > T_H \parallel K_{i,j-1} > T_H \parallel \\ & K_{i,j+1} > T_H \parallel K_{i+1,j-1} > T_H \parallel K_{i+1,j} > T_H \parallel K_{i+1,j+1} > T_H); \\ 0, & \text{якщо } K_{ij} \leq T_L. \end{cases}$$

Точки, що задовольняють умові  $K_{ij} \geq T_H$ , достовірно належать контуру цифрового зображення. Точки, що потрапили до ділянки невизначеності, тобто задовольняють умові  $T_L < K_{ij} < T_H$ , але розташовані в безпосередній близькості до одного з вертикальних, горизонтальних або діагональних напрямків, також визначаються як точки, що належать результуючим контурам цифрового зображення.

**Результати.** Для програмної реалізації у відповідності з наведеними основними кроками алгоритму визначення контурів Канні з метою реалізації біометричної системи ідентифікації людини засобами мобільного пристрою обрано мобільну платформу Android, враховуючи розповсюдженість і перспективи розвитку мобільних пристроїв саме з цією операційною системою. Реалізація програмного продукту проведена засобами мови програмування високого рівня Java.

Нижче наведено приклад роботи програмного продукту за всіма описаними етапами алгоритму Канні.

На рис. 1 наведено приклад застосування низькочастотного фільтра (1).

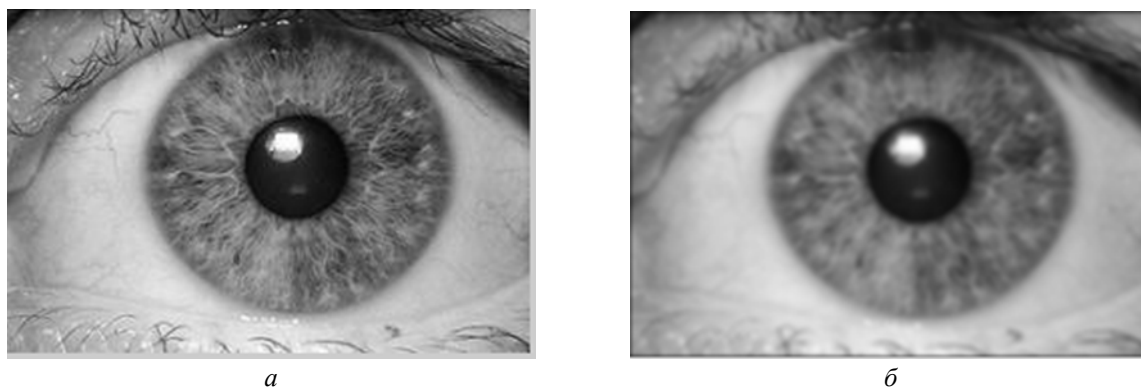


Рис. 1. Застосування фільтра Гауса: вихідне цифрове зображення (а); цифрове зображення після процедури згладжування (б)

На рис. 2 наведено графічне представлення норми та складових градієнта за напрямками  $x$  та  $y$  для цифрового зображення.

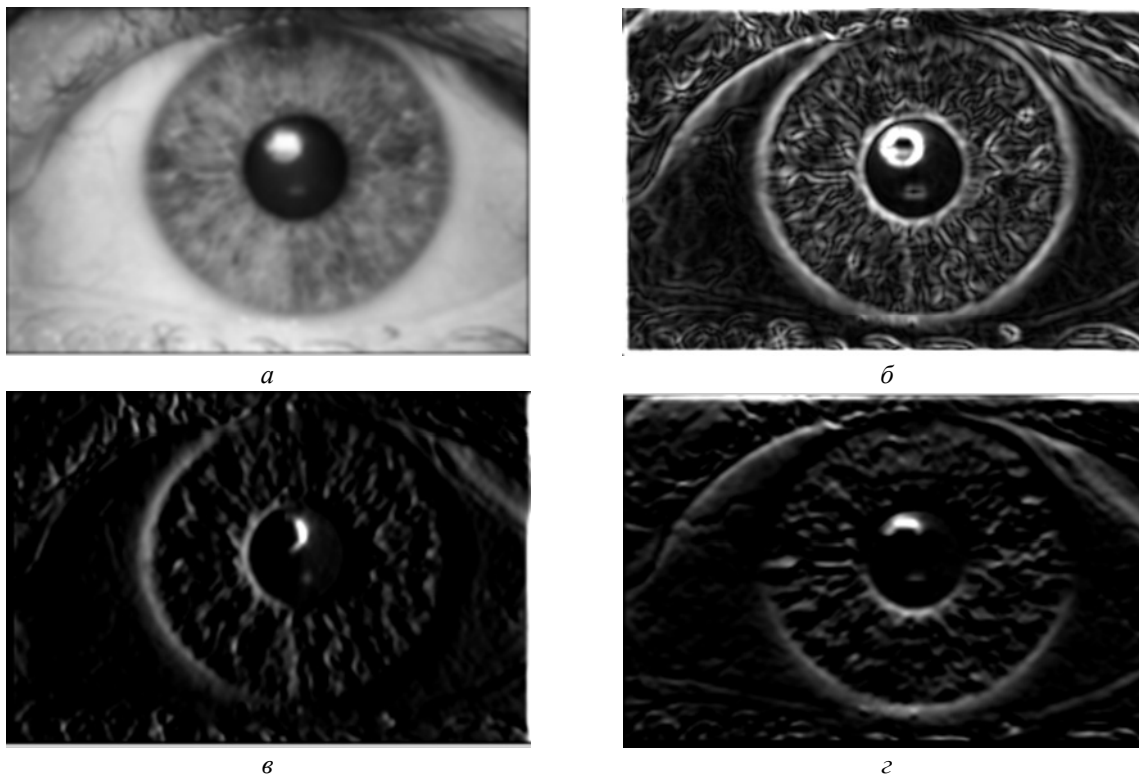


Рис. 2. Графічне представлення градієнта цифрового зображення: згладжене цифрове зображення (а); норма градієнта цифрового зображення (б); градієнт цифрового зображення за напрямком  $x$  (в); градієнт цифрового зображення за напрямком  $y$  (г)

На рис. 3 наведено графічне представлення локальних максимумів норми градієнта в напрямку вектора градієнта цифрового зображення.

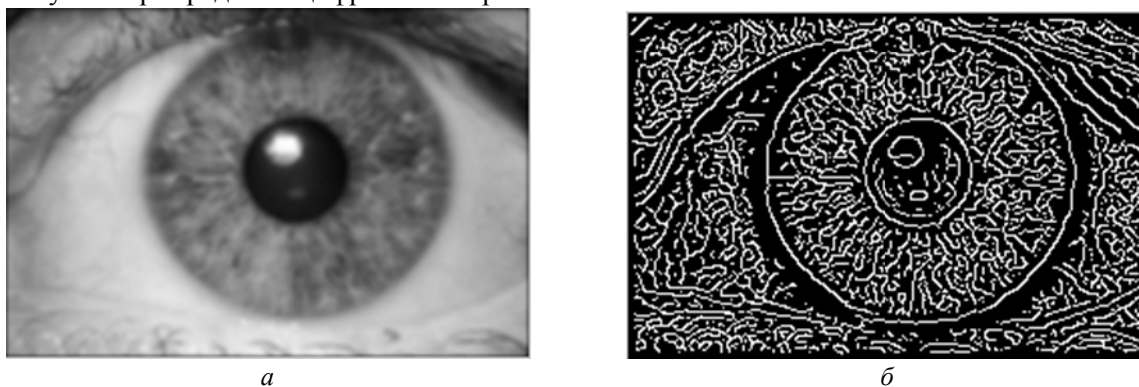


Рис. 3. Визначення локальних максимумів градієнта цифрового зображення: згладжене цифрове зображення (а); графічне представлення локальних максимумів градієнта цифрового зображення (б)

На рис. 4 представлено бінарне зображення контурів, отриманих після подвійної фільтрації з трасуванням при  $T_L = 0,075$  та  $T_H = 0,175$ .

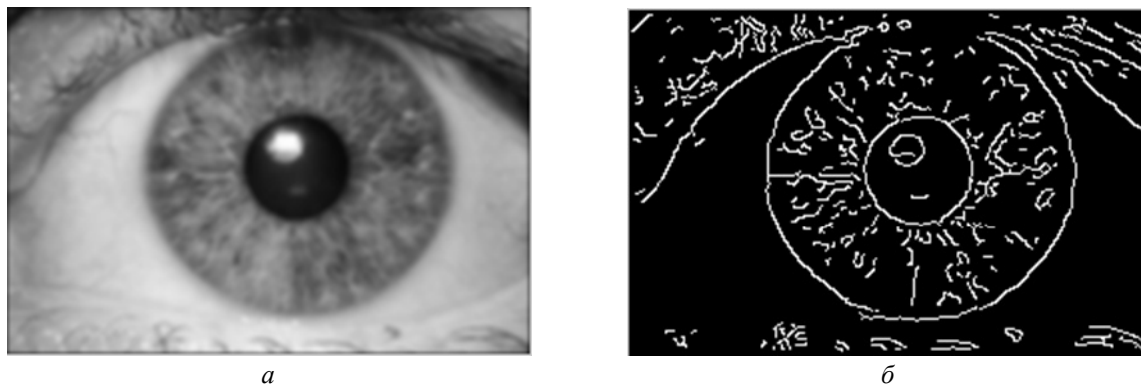


Рис. 4. Застосування подвійної фільтрації з трасуванням: згладжене цифрове зображення (а); графічне представлення контурів цифрового зображення (б)

**Висновки.** В результаті даної роботи досліджено та реалізовано алгоритм Канні для визначення контурів цифрового зображення райдужної оболонки ока людини, що є першим кроком реалізації біометричної системи ідентифікації людини для мобільного пристрою.

Програмна реалізація проведена для мобільної платформи Android з використанням засобів мови програмування високого рівня Java. Подальша робота спрямована на завершення реалізації біометричної системи ідентифікації людини для мобільного пристрою.

#### Література

1. Романец, Ю.В. Защита информации в компьютерных системах и сетях / Ю.В. Романец, П.А. Тимофеев, В.Ф. Шаньгин; под ред. Шаньгина В.Ф. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 2001. — 376 с.
2. Canny, J. A Computational Approach to Edge Detection / J. Canny // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. — 1986. — Vol. 8, No. 6. — PP. 679 — 698.
3. Гришенкова, Н. П. Обзор методов идентификации человека по радужной оболочке глаза / Н.П. Гришенкова, Д.Н. Лавров // Математические структуры и моделирование. — 2014. — № 1(29). — С. 43 — 64.
4. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс; пер. с англ. П.А. Чочиа. — М.: Техносфера, 2006. — 1070 с.

#### References

1. Romanets, J.V., Timofejev, P.A. and Shangin, V.F. (2001). *Information Protection in Computer Systems and Networks* (2<sup>nd</sup> Ed.). Moscow: Radio i svyaz'.
2. Canny, J. (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 8(6), 679-698.
3. Grishenkova, N.P and Lavrov, D.N. (2014). A review of person identification methods using iris recognition. *Mathematical Structures and Modeling*, 1, 43-64.
4. Gonzalez, R.C. and Woods, R.E. (2008). *Digital Image Processing* (3<sup>rd</sup> Ed.). Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall.

#### АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ABSTRACT

К.О. Трифонова, Е.І. Гришикашвілі, А.Р. Агаджанян. **Визначення контурів райдужної оболонки ока для системи біометричної ідентифікації людини.** Метод біометричної ідентифікації людини за райдужною оболонкою ока вважається одним з найбільш точних та надійних способів ідентифікації. Метою дослідження є вирішення завдання визначення контурів цифрового зображення райдужної оболонки ока людини для можливості реалізації біометричної системи ідентифікації людини засобами мобільного пристрою. Для досягнення поставленої мети в роботі розглянуто алгоритм визначення контурів Канні, який складається з таких кроків: згладжування, визначення градієнта, пошуку локальних максимумів градієнта, подвійної порогової фільтрації з трасуванням. Проведено програмну

реалізацію алгоритму Канні для мобільної платформи Android з використанням засобів мови програмування високого рівня Java.

*Ключові слова:* визначення контурів, біометрична ідентифікація, мобільний пристрій.

*Е.А. Трифонова, Е.И. Гришикашвили, А.Р. Агаджанян. Определение контуров радужной оболочки глаза для системы биометрической идентификации человека.* Метод биометрической идентификации человека по радужной оболочке глаза считается одним из наиболее точных и надежных способов идентификации. Целью исследования является решение задачи определения контуров цифрового изображения радужной оболочки глаза человека для возможности реализации биометрической системы идентификации человека средствами мобильного устройства. Для достижения поставленной цели в работе рассмотрен алгоритм определения контуров Канни, который состоит из следующих шагов: сглаживания, определения градиента, нахождения локальных максимумов градиента, двойной пороговой фильтрации с трассировкой. Проведена программная реализация алгоритма Канни для мобильной платформы Android с использованием средств языка программирования высокого уровня Java.

*Ключевые слова:* определение контуров, биометрическая идентификация, мобильное устройство.

*K.O. Tryfonova, E.I. Grishikashvili, A.R. Agadzhanyan. Edge detection of iris of the eye for human biometric identification system.* Method of human biometric identification by iris of the eye is considered as one of the most accurate and reliable methods of identification. Aim of the research is to solve the problem of edge detection of digital image of the human eye iris to be able to implement human biometric identification system by means of mobile device. To achieve this aim the algorithm of edge detection by Canny is considered in work. It consists of the following steps: smoothing, finding gradients, non-maximum suppression, double thresholding with hysteresis. The software implementation of the Canny algorithm is carried out for the Android mobile platform with the use of high level programming language Java.

*Keywords:* edge detection, biometric identification, mobile device.

Надійшла до редакції 11 березня 2015 р.