

МЕТОД ЛОКАЛІЗАЦІЇ МЕЖ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА НА ОСНОВІ ЙОГО ЗОБРАЖЕННЯ

Самохвалов Ю. Я., д.т.н, проф., професор кафедри кібербезпеки та захисту інформації факультету інформаційних технологій КНУ імені Тараса Шевченка

Швець В. А., к.т.н., доц., доцент кафедри засобів захисту інформації Національного авіаційного університету

Фесенко А. О., асистент кафедри кібербезпеки та захисту інформації КНУ імені Тараса Шевченка.

Анотація. В роботі запропоновано метод локалізації радужної оболонки ока, якій за рахунок особливостей зображення ока дозволив зменшити кількість математичних операцій та підвищити швидкість обробки радужної оболонки в порівнянні з відомим градієнтним інтегрально-диференціальним методом. Для порівняння швидкості було проведено експеримент на зображенні очей загальнодоступної бази CASIA.

Ключові слова: радужна оболонка, локалізація, градієнт, диференційний метод, яскравість зображення, піксель.

Аннотация. В работе предложен метод локализации радужной оболочки глаза, которой за счет особенностей изображения глаза позволил уменьшить число математических операций и повысить быстродействие обработки радужной оболочки в сравнении с известным градиентным интегрально-дифференциальным методом. Для сравнения быстродействия был проведен эксперимент на изображении глаз общедоступной базы CASIA.

Ключевые слова: радужная оболочка, локализация, градиент, дифференциальный метод, яркость изображения, пиксель.

Abstract. The method of localization radogno layer of the eye, which due to characteristics of the image of the eye allowed us to reduce the number of mathematical operations and to increase the speed of processing radogno shell in comparison with the known gradient integral-differential method. To test the performance an experiment was conducted on the image of the eye of the public database CASIA.

Keywords: iris localization, gradient, differential method, the brightness of the image pixel.

Вступ. Розвиток сучасних інформаційних та комунікаційних технологій (ІКТ), які є основою критичної інфраструктури, характеризується постійним підвищенням рівня вимог до їх безпеки. Система захисту об'єктів критичної інфраструктури являє собою сукупність організаційних і технічних заходів для забезпечення захисту секторів критичної інфраструктури від різних загроз [1]. Ідентифікація користувачів є основою такої систем безпеки, оскільки вона дозволяє виявити несанкціонованих користувачів ІКТ на початкових етапах доступу до системи. Серед відомих методів ідентифікації високий рівень

безпеки може бути забезпечений тільки за допомогою використання біометричних ознак [2].

Серед відомих біометричних технологій [3] на сьогоднішній день найбільш перспективною є біометрія з використанням райдужки людського ока, яка має специфічну структуру і містить багато текстурної інформації. Просторові структури, які спостерігаються в райдужці, унікальні для кожного індивіда, а індивідуальні відмінності з'являються в процесі анатомічного розвитку. Крім того, у порівнянні з іншими біометричними об'єктами, ідентифікація по райдужці є стабільнішою і надійною. Системи контролю і управління доступом (СКУД), які використовують біометричні ознаки, дають набагато кращий захист у порівнянні з таким традиційними засобами, як смарт-карти, пін-коди і тд. [4].

Для ефективної ідентифікації користувачів по райдужній оболонці ока, необхідно локалізувати райдужку і нормалізувати її зображення, щоб зображення відповідало міжнародним вимогам стандарту *ISO/IEC 19794-6:2011* [5]. Найбільш часто використовується для локалізації райдужної оболонки ока градієнтний інтегрально-диференціальний метод. Даний метод досить ефективний, проте вимагає великих обчислювальних витрат [6], крім того має неоднозначне виділення меж райдужної оболонки ока (РОО). Тому для усунення цих недоліків необхідна розробка більш ефективних механізмів локалізації РОО, що і визначає мету і основний зміст даної статті.

Викладення основного матеріалу. Зображення в відтінках сірого можна визначити як функцію $f(x,y)$, де x і y – координати на площині зображення, а амплітуда f – інтенсивність або яскравість зображення в точці з цими координатами.

Градієнтний інтегрально-диференціальний метод шукає область на зображенні, де досягається максимум похідної від нормалізованого інтеграла у напрямку збільшення величини радіуса [6].

При використанні градієнтного інтегрально-диференціального методу локалізації райдужки, використовується оператор :

$$\max_{(r,x_0,y_0)} \left| G_{\sigma}(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r,x_0,y_0} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds \right|, \quad (1)$$

де $I(x,y)$ – яскравість пікселя на зображенні ока, r – радіус кола по якій виконується інтегрування, (x_0,y_0) – координати центра, ds – елементарна дуга, $G_{\sigma}(r)$ – гаусів фільтр з масштабним параметром σ , $*$ – операція згортки. Оператор є детектором розмитих кругових перепадів з параметром розмиття σ і здійснює ітеративний пошук максимуму контурного інтеграла градієнта в напрямку радіусу кола в просторі трьох параметрів (x_0,y_0,r) , що визначають шлях інтегрування. При цьому кількість гіпотез, які потрібно перерахувати становить $W \times H \times (R_{max} - R_{min})$, де W – ширина зображення, H – його висота, R_{max} і R_{min} – максимальні і мінімальні радіуси РОО відповідно [8].

При цьому, даний метод вимагає великих обчислювальних витрат, бо:

- знаходження інтеграла передбачає операцію суми з накопиченням, якщо в напрямку знаходження градієнта n -точок, тоді отримується n – сум і n – множень;
- операція згортки, це сума з накопиченням по кожному пікселю;
- градієнтний інтегрально-диференціальний метод передбачає роботу в полярній системі координат, а зображення з відеокамери отримується в декартовій системі координат, тобто для використання даного методу необхідно провести перерахунок з декартової системи в полярну систему координат, що потребує додаткових обчислювальних затрат.

Крім того при визначенні межі зіниці і межі райдужної оболонки можливе неоднозначне знаходження контурів РОО. Як зображено на рис.1, градієнт яскравості зростає до позначки приблизно 150 пікселів, але однозначно твердити, що межа знаходиться на 150 пікселі не коректно, бо метод продовжує пошук до меж зображення, градієнт яскравості також не зростає на відріжку 95 – 105 пікселів.

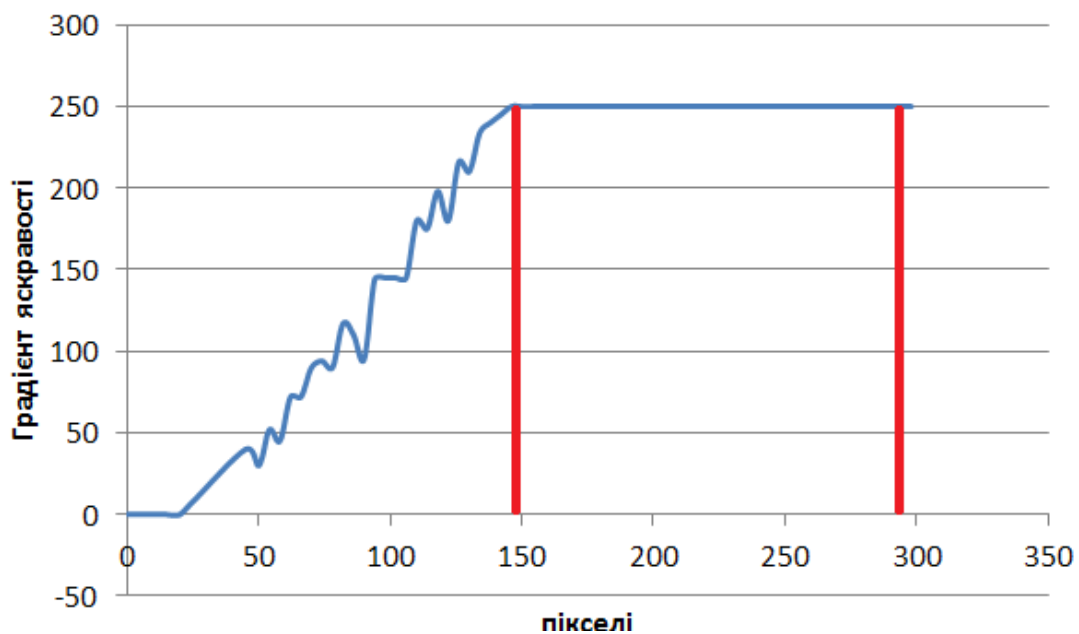


Рис 1. Градієнтний інтегрально – диференціальний метод (вертикальними червоними лініями виділений діапазон можливого контуру)

Для зменшення часу локалізації пропонується підхід, який складається з двох етапів: груба локалізація та виділення меж РОО.

Перший етап. За рахунок грубої локалізації зменшується область пошуку очей.

Метою першого етапу є радикальне зменшення кількості інформації, що міститься на зображенні, а саме – перехід від аналізу двовимірного масиву зображення, до одновимірних масивів – «проекцій» яскравості пікселів зображення на координатні осі.

Для знаходження ока на обличчі людини використовувався той факт, що на проекції відчуються великі зміни яскравості в районі очей. Проаналізувавши рис.2а констатуємо, що на проекції яскравості зона мінімуму

по осі y виділяє область знаходження очей, провівши аналогічний аналіз проекції зображення на вісь x , також спостерігаємо область мінімуму яскравості в області очей, дане твердження підтверджує Рис.2б. Тоді на основі отриманих результатів виділяємо область очей на зображенні. Ілюстрація отриманого результату наведена на рис.2в. Виділення таким чином області

знаходження очей дає можливість зменшити загальний час локалізації РОО.

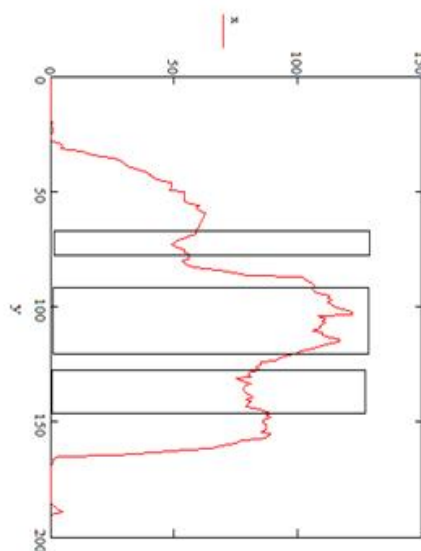
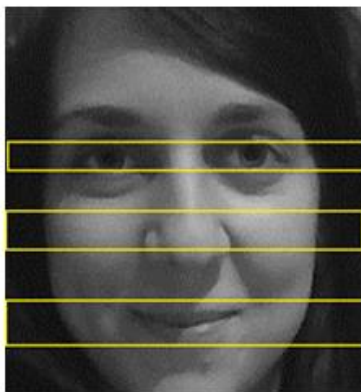
Для побудови коду райдужки необхідно чітко локалізувати межу між склерой і райдужкою, а також межу між райдужною оболонкою і зіницею здійснюється на другому етапі. Для цього використовується наступний оператор:

$$I_{x,y} = \frac{-3I_{x,y} + 4I_{x+1,y+1} - I_{x+2,y+2}}{2} \quad (2)$$

де $I_{x,y}$ – яскравість пікселя, (x,y) – координати пікселя.

Оператор (2) чітко реагує на зміну яскравості двох сусідніх пікселів і є аналогом обчислення похідної функції. Використання яскравості пікселів зліва і з права від точки x,y проводить фільтрацію і усуває шуми, які з'являються в наслідок обчислення похідної яскравості пікселя. Результат роботи оператора (2) наведено на рис. 3.

Таким чином процес локалізації РОО дозволяє визначити радіуси райдужки і зіниці з точністю до одного пікселя при невисоких обчислювальних витратах.



a)

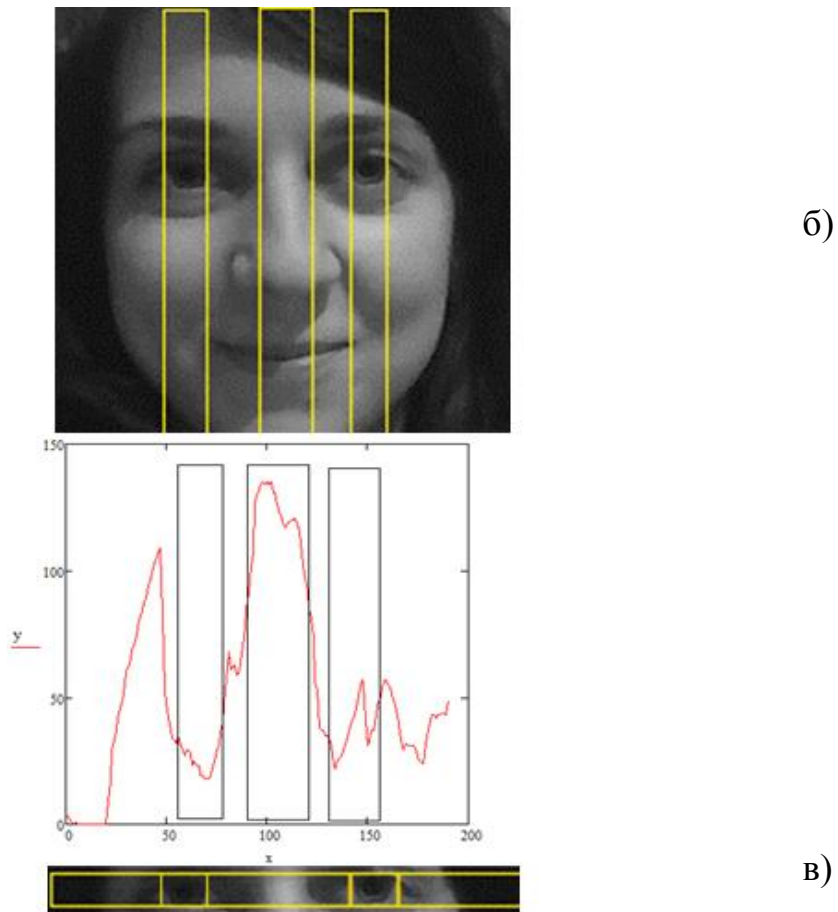


Рис.2 Результати роботи першого етапу локалізації
 (а– визначення області очей по вертикалі, б– визначення області очей по горизонталі, в–локалізована область знаходження очей на зображенні)



Рис 3. Ілюстрація роботи оператора (2) на зображенні РОО.

В результаті локалізації райдужки на зображенні отриманому після першого етапу запропонованого підходу, внутрішня і зовнішня межі, мають форму кіл, які визначають кільцеву область, що підлягає аналізу. Отримане зображення ми одержуємо в декартовій системі, а для отримання коду райдужки нам необхідне представлення зображення в полярній системі координат. Перетворення декартової системи координат в полярну дозволяє отримати еквівалентне уявлення області аналізу у вигляді кола області інтересу.

Для перетворення з декартової системи в полярну систему координат пропонується наступне перетворення, нехай $\theta (\theta \in [0; 2\pi])$ і $\rho (\rho \in [0; 1])$ – параметри, які описують полярну систему координат. Тоді, перетворення $I(x(\rho, \theta), y(\rho, \theta)) \rightarrow I(\rho, \theta)$ може бути виконано наступним чином:

$$\begin{cases} x(\rho, \theta) = (1 - \rho) * x_p(\theta) + \rho * x_i(\theta) \\ y(\rho, \theta) = (1 - \rho) * y_p(\theta) + \rho * y_i(\theta) \end{cases}$$

де

$$\begin{cases} x_p(\theta) = x_{p0}(\theta) + r_p * \cos(\theta) \\ y_p(\theta) = y_{p0}(\theta) + r_p * \sin(\theta) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x_i(\theta) = x_{i0}(\theta) + r_i * \cos(\theta) \\ y_i(\theta) = y_{i0}(\theta) + r_i * \sin(\theta) \end{cases}$$

де r_p і r_i – відповідно радіус зіниці і райдужної оболонки, $(x_p(\theta), y_p(\theta))$ і $(x_i(\theta), y_i(\theta))$ – координати внутрішньої і зовнішньої межі райдужки в напрямку θ .

Таким чином, компенсується деформація текстури райдужки при змінах діаметра зіниці. Нове представлення зображення райдужної оболонки усуває неконцентричність райдужки і зіниці.

Для оцінки ефективності запропонованого підходу був проведений експеримент з використанням БД CASIA-Iris-Distance [9] і програмних модулів. Результати експерименту показали зменшення часу обробки запропонованим підходом в порівнянні з градієнтним інтегрально-диференціальним методом приблизно в два рази.

Висновки. Запропоновано метод до локалізації райдужної оболонки ока який складається з двох етапів. На першому відбувається пошук області очей на зображенні, за допомогою грубої локалізації області інтересу. Дана дія дозволяє значно зменшити час пошук області ока на зображенні. При виконанні другого етапу на зображенні проводиться локалізація райдужки, тобто виділяється внутрішня і зовнішня межі райдужки, які мають форму кіл і визначають кільцеву область, що підлягає аналізу. В цілому запропонований метод в

порівнянні з існуючим градієнтним інтегрально-диференціальним дозволяє зменшити час на локалізацію РОО при ідентифікації користувача в СКУД майже в два рази за рахунок зменшення кількості математичних операцій.

Література

1. Бурячок В. Л. Інформаційний та кіберпростори: проблеми безпеки, методи та засоби боротьби. [Посібник]. / В. Л. Бурячок, С.В.Толюпа, В.В.Семко, Л.В.Бурячок, П.М.Складанний Н.В. Лукова-Чуйко – К. : ДУТ – КНУ, 2016. – 178 с.
2. Основні біометричні характеристики, сучасні системи та технології біометричної аутентифікації / Швець В. А., Фесенко А. А. // *Безпека інформації*. – 2013. – №1, Том 19. – С. 99 – 111.
3. Болл, Р. *Руководство по биометрии* / Болл Р.М., Коннел Дж.Х., Панканти Ш., Ратха Н.К., Се ньор Э.У. – М. : Техносфера, 2007. – 368 с. – ISBN 978-5- 94836-109-3, 0-387-40089-3
4. Інтернет ресурс <http://secur.ua/kk/biometrija/>
5. *ISO/IEC 19794-6:2011 standard on iris data interchange*
6. John G. Daugman. *High Confidence Visual Recognition of Persons By a Test of Statistical Independence*, *I.E.E.E. Trans, on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 15 (1993), pp. 1148–1161, November, 1993.
7. Yong Zhu, Tienes Tan, Yun Hong Wang, *Biometrie Personal Identification Based on Iris Patterns*, *Chinese Academy of Sciences, China, January, 2002*.
8. Daugman J. *Information Theory and the IrisCode*. *IEEE Trans. Info.Foren.Sec* 11(2), 2015. – pp. 400–409.
9. Інтернет ресурс <http://biometrics.idealtest.org/findTotalDbByMode.do?mode=Iris>