

УДК 004.942, 57.087

У статті сформовані методи виявлення облич та райдужної оболонки ока в системах комп'ютерного зору на основі методів AdaBoost та локальних бінарних шаблонів, а також використання кольорових просторів для фільтрації зображення

Ключові слова: локальні бінарні шаблони, AdaBoost, розпізнавання, ідентифікація, комп'ютерний зір, кольорові простори

В статье сформированы методы обнаружения лиц и радужной оболочки глаза в системах компьютерного зрения на основе методов AdaBoost и локальных бинарных шаблонов, а также использование цветных пространств для фильтрации изображения

Ключевые слова: локальные бинарные шаблоны, AdaBoost, распознавания, идентификация, компьютерное зрение, цветные пространства

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ADABOOST ТА ЛБШ ДО ЗАДАЧ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ

М. В. Волошин

Аспірант

Відділення ГМУСЕ

Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова

АН України

вул. Генерала Наумова, 15, м. Київ, Україна, 03164

Контактний тел.: 067-696-51-47

E-mail: Voloshin87@gmail.com

1. Вступ

В Україні більше 40 років активно розвивається та формується один з пріоритетних напрямків інформатики – створення інтелектуальних інформаційних технологій і систем. Зусиллями українських вчених і спеціалістів досягнуто світовий пріоритет у цій галузі, що дозволило сформулювати Державну науково-технічну програму «Образний комп'ютер».

Державна цільова науково-технічна програма «Образний комп'ютер» схвалена постановою Кабінету Міністрів України від 08.11.2000 №1652, та затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 27 січня 2010 р. №58 [1].

Програма «Образний комп'ютер» орієнтована на створення нових високих наукомістких інформаційних технологій з елементами інтелекту людини, здатних розуміти людську мову, бачити і сприймати об'єкти навколишнього середовища, оперувати знаннями. Такі технології дозволять створювати якісно нові типи комп'ютерів для вирішення складних задач, що недосяжне сучасними традиційними засобами. Розроблення пристроїв, які виконують не тільки обчислення, але й моделюють образне сприйняття світу та образне прийняття рішень, відносять до передових напрямів у світовому науково-технологічному прогресі.

Згідно сформульованих цілей та нових основних завдань ДНТП «Образний комп'ютер» повністю відповідає пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки «нові комп'ютерні засоби та технології інформатизації суспільства», який визначено у Програмі діяльності Уряду та Державній програмі соціально-економічного розвитку України.

В середовищі образного комп'ютера можливе моделювання процесів як образного, так і логічного мислення. Напрями:

- мовленнєві інтелектуальні інформаційні технології;
- зорові інтелектуальні інформаційні технології;
- інтелектуальні інформаційні технології обробки сигналів складної природи;
- інтелектуальні інформаційні технології, які ґрунтуються на використанні знань.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Визначення або виділення зіниці найбільш часто використовується для спостереження за вертикальним або горизонтальним положенням ока [2], [3], [4]. Більшість з початкових систем виділення зіниці використовують занадто спрощене припущення, що зіниця являє собою коло і що його центр можна розрахувати як перетин відповідних горизонталі і вертикалі. На практиці, навіть кругла зіниця приймає еліптичний вигляд при нецентральному положенні ока. D. Zhu, S.T. Moore і T. Raphan запропонували використовувати криволінійні характеристики контуру зіниці і умістити їх в еліпс [2]. Більшість із запропонованих на сьогоднішній день методів визначення зіниці очей не передбачають використання завадостійких алгоритмів.

Для того щоб відокремити власне радужку від решти деталей на зображенні, в простому випадку можна використовувати виділення країв (шляхом аналізу першої похідної) і наступну апроксимацію меж райдужки простими геометричними об'єктами. Так, окружність зіниці і зовнішню межу райдужки можна знайти за допомогою перетворення Хафа (Hough transform) [5]. Інші методи додатково визначають кордон райдужки і вік двома параболома, як Wildes, або просто відрізають ті частини зображення, які можуть не відноситися до райдужки, як Daugman, Ma [5], [6].

Якщо для захоплення зображення не було використано спеціальної апаратури, може знадобитися попереднє придушення небажаних ефектів, таких як відблиск всередині зіниці від спалаху або іншого яскравого джерела світла, якщо ці артефакти заважають коректній роботі алгоритму виділення райдужки [7].

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є розробка та реалізація програмного іридологічного комплексу. Він повинен реалізувати як мінімум дві основні функції: локалізацію райдужної оболонки ока та ідентифікацію іридоознак на виділеній райдужці. Обробка зображення ока складається з наступних послідовних кроків:

- аналіз якості зображення;
- виділення внутрішньої і зовнішньої кордонів райдужки;
- геометричні перетворення виділеного ірису.

Описані в літературі методи виділення зіниці і зовнішнього кордону райдужної оболонки ока базуються на детекторах краю і виділенні окружностей допомогою перетворення Хафа. На зображеннях з великою роздільною здатністю детектори краю дають безліч помилкових контурів через нечіткої кордону райдужки. У свою чергу, на перетворення Хафа потрібно багато часу.

У статті наведено результати досліджень в області комп'ютерного зору: розпізнавання облич та обробки зображень райдужної оболонки ока. Представлений ряд нових алгоритмів виділення нечітких кордонів на зображенні великого дозволу.

Одним із пріоритетних напрямів програми «Образний комп'ютер» і біометрії в цілому є зорові інтелектуальні інформаційні технології.

Звичайно, в статті будуть розглянуті деякі аспекти даного напрямку та особливості реалізації того або іншого підходу.

В статті наведені приклади та особливості застосування методу AdaBoost та методу локальних бінарних шаблонів для задач комп'ютерного зору. В статті розглядається дві задачі:

- визначення обличчя на зображенні та його ідентифікація;
- локалізація райдужної оболонки ока та визначення іридоознак.

4. Експериментальні дані та їх обробка

Як метод виділення обличчя на зображенні був обраний метод AdaBoost. Даний метод є одним з кращих по співвідношенню показників (ефективність розпізнавання)/(швидкість роботи). Цей детектор заснований на підсиленні простих класифікаторів. Підсилення простих класифікаторів – підхід до вирішення задачі класифікації (розпізнавання), шляхом комбінування примітивних «слабких» класифікаторів в один «сильний» [8]. Під «силою» класифікатора в даному випадку розуміється ефективність (якість) розв'язання задачі класифікації.

Слабкий класифікатор має вигляд:

$$h(x, f, p, \Theta) = \begin{cases} 1, & \text{pf}(x) < p\Theta \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (1)$$

де f – ознака, p – полярність, що показує напрямок нерівності, Θ – порогове значення.

Фінальний сильний класифікатор може бути записаний у вигляді:

$$C(x) = \begin{cases} 1, & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{де } \alpha_t = \log \frac{1}{\beta_t}.$$

Метод AdaBoost відзначається високою швидкістю роботи. Проте навіть він не забезпечує обробку відеопотоку стандартної чіткості в режимі реального часу. З метою збільшення продуктивності фільтра, було прийнято рішення виконувати попередню обробку зображення [9]. Ідея цього підходу полягає в тому, що замість того, щоб обробляти детектором AdaBoost весь кадр, можна визначити області, в яких ймовірність виявлення обличчя досить висока. Тим самим досягається не тільки прискорення роботи фільтру, але і зменшується ймовірність помилкового виявлення облич [10].

Шкіра має доволі характерний діапазон кольорів, тому передобробку слід будувати, класифікуючи пікселі по їх кольору. Для цієї задачі використовуються кольорові простори RGB та YCbCr. Такий вибір пояснюється тим, що для більшості зображень використовується система RGB, тому при її використанні не виникає необхідності перетворювати зображення в іншу кольорову систему, за рахунок цього при обробці економиться час [10].

Правило-класифікатор для кольорової системи RGB має наступний вигляд:

$$P_{\text{RGB}}(\text{skin}) = R > 95 \text{ and } G > 40 \text{ and } B > 20 \text{ and } \\ R > G \text{ and } R > B \text{ and } |R - G| > 15 \text{ and } \\ \max(R, G, B) - \min(R, G, B) > 15$$

Це означає, що якщо для пікселя, заданого координатами (R, G, B) , виконуються вказані обмеження, то його з високою долею ймовірності можна визначити як такий, що відноситься до шкіри. В основі цієї формули лежить емпіричне спостереження, що для шкіри людини червона компонента (R) переважає над зеленою (G) і синьою (B). Також вони не повинні розташовуватися дуже близько одна до одної (інакше утворюється сірий відтінок) і повинні перевищувати порогові значення, щоб мати достатню яскравість. Приклад застосування даного класифікатора до зображення поданий на рис. 1.

Однак в системі RGB є істотний недолік, який ускладнює її використання для кольорової сегментації, – в ній не розділені компоненти яскравості та відтінку. В зв'язку з цим пропонується додатково використовувати систему YCbCr, котра дозволяє їх розділяти. В кольоровій системі YCbCr в якості правила взято компоненту Cr, яка відповідає за відтінок червоного кольору і повинна перевищувати певний поріг (10 одиниць). Правило-класифікатор запишемо у вигляді:

$$P_{YCbCr}(skin) = (0.500R - 0.419G - 0.081B) > 10$$

Приклад застосування даного класифікатора до зображення поданий на рис. 2.



Рис. 1. Приклад застосування RGB-класифікатора до растрового зображення

Застосовуючи ці класифікатори разом і окремо до різних зображень, був зроблений висновок, що ефективні результати досягаються при їх спільному використанні (див. рис. 3).

Тобто формула універсального скін-детектора має вигляд [10]:

$$P(skin) = P_{RGB}(skin) \text{ and } P_{YCbCr}(skin)$$



Рис. 2. Приклад застосування YCbCr-класифікатора до растрового зображення

Розпізнавання образів проводиться шляхом використання локальних бінарних шаблонів (надалі ЛБШ). ЛБШ представляє собою опис околу пікселя зображення у двійковій формі. Оператор ЛБШ, що застосовується до пікселя зображення використовує вісім пікселів околу, приймаючи центральний піксель у якості порогу. Пікселі, які мають значення більші, ніж центральний піксель (чи дорівнюють йому), приймають значення «1», ті, які, менше центрально-

го, приймають значення «0». Таким чином, утворюється восьмирозрядний бінарний код, який описує околі пікселя [11].

Зображення обличчя розбивається на k×k областей.

Потім у кожній області для кожного пікселя зображення обчислюється ЛБШ-код. Після цього, для представлення глобального опису зображення обличчя, всі гістограми областей об'єднують в одну гістограму. Ця гістограма формує вектор ознак обличчя.



Рис. 3. Приклад застосування RGB- та YCbCr-класифікатора до растрового зображення

Для досягнення кращого розпізнавання образів пропонується використовувати ЛБШ у формі еліпса (ЕЛБШ), тобто для формування ЛБШ використовуються ті пікселі околу, які лежать на еліпсі відносно центрального пікселя [10].

Застосування вищеописаних методів до іншої задачі комп'ютерного зору – виділення райдужної оболонки ока має свої особливості. Виділення райдужної оболонки ока може бути застосовано як в біометрії так і в медицині (завдання іридіодіагностики). Більшість з існуючих методів для ідентифікації враховують тільки максимальний стрибок інтенсивності, але пропускають таку важливу деталь як текстура райдужки, яка необхідна при оцінці її щільності [7].

Для того, щоб закодувати текстуру можна використовувати метод локальних бінарних шаблонів [11] (див. рис. 4).

Кожен ЛБШ-код представляє собою тип мікрозображення структури, а їх розподіл можна використовувати в якості опису текстури.

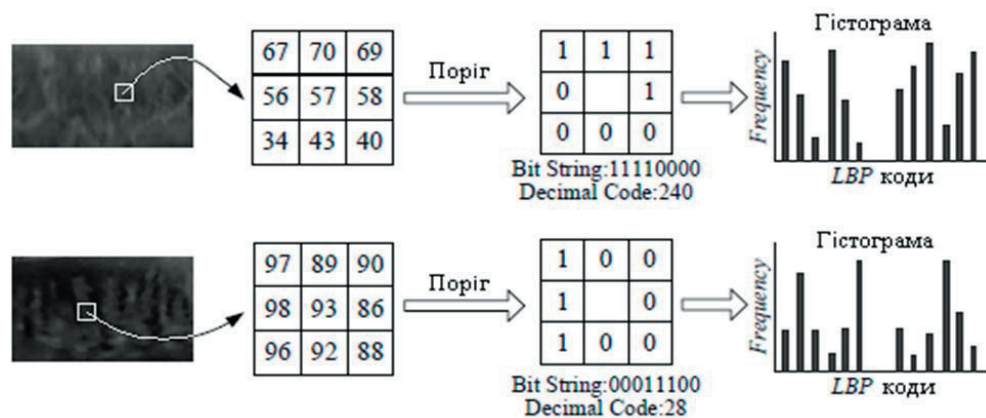


Рис. 4. Формування ЛБШ-кодів

Як метод для розпізнавання використовується метод Adaboost [8], але набір для класифікації створюється на основі побудованих ЛБШ-кодів та їх розподілу. Узагальнений алгоритм розпізнавання:

1. Створити набір для класифікації на основі ЛБШ-кодів;
2. Обрати кращий «слабкий» набір;
3. Побудувати компонент h (1) і додати до C (2);
4. Якщо не досягнутий визначений критерій продуктивності (даний критерій визначається в ході досліджень експериментальним шляхом), то навчальні зразки перевизначаються і весь цикл повторюється з 2-го кроку; якщо критерій продуктивності досягнутий – формується вихідний набір класифікаторів $C(x)$.

Використовуючи кольорові простори, можна побудувати будь-які класифікатори під будь-які потреби класифікації об'єктів спостереження на зображенні [10]. Використовуючи кольоровий простір $YCbCr$ можна побудувати класифікатор, який буде фільтрувати зображення залишаючи лише іридоознаки.

Так, на рис. 5 показаний результат фільтрації зображення ока, параметри класифікатора: $Y > 26$, $Cb < -8$, $Cr > 7$.

Зображення ока взято з бази даних Університету Палацького, яке було отримано за допомогою оптичного пристрою TOPCON TRC50IA сполученого з камерою SONY DXC-950P 3CCD.

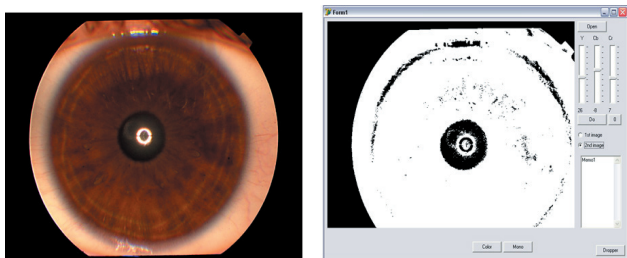


Рис. 5. Результат застосування фільтрації

У результаті аналізу існуючих алгоритмів, схем локалізації райдужної оболонки і кольорових просторів був розроблений алгоритм, який дозволяє знайти іридоознаки на зображенні ока:

1. Виділення райдужної оболонки ока (через ЛБШ-коди).
2. Виділення іридоознак:
 - 2.1. Переведення зображення радужки на простір $YCbCr$:

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B$$

$$Cb = -0.169R - 0.322G + 0.500B$$

$$Cr = 0.500R - 0.419G - 0.081B$$

де R , G , B – компоненти червоного, зеленого та блакитного відтінків зображення відповідно.

2.2. Якщо на отриманому зображенні існують області, компоненти кольорового простору, яких задовольняють умовам: $Y > 26$, $Cb < -8$, $Cr > 7$, то з великою долею ймовірності дані області можна віднести до іридоознак і помітити чорним кольором на вихідному зображенні, в протилежному випадку – білим кольором.

3. Накладення обраної схеми іридодіагностики.

Наведений алгоритм є важливим елементом комплексного програмного забезпечення іридодіагностики з функціями автоматичного визначення іридоознак, графічного редактора та експертної системи.

5. Висновки

У даній роботі наведено вирішення наукової задачі комп'ютерної ідентифікації людини на основі аналізу фронтального зображення обличчя та виділення іридоознак в автоматизованих системах іридодіагностики.

Проведений аналіз стану проблеми комп'ютерної ідентифікації людини за зображенням обличчя та локалізації райдужної оболонки показав, що в даний час для вирішення задач автоматичного виявлення і розпізнавання не вироблено єдиного і надійного підходу.

В ході дослідження одержав подальший розвиток метод пошуку області обличчя на зображенні в напрямку зменшення часу виявлення обличчя за рахунок попередньої обробки зображення. Проведене дослідження показало покращення часу виявлення обличчя на зображенні майже у 2 рази (середнє зменшення часу складає 48%).

Удосконалено метод ідентифікації, заснований на використанні локальних бінарних шаблонів зображення, у напрямку зниження сумарної помилки розпізнавання. Розроблений метод використовує модифіковані шаблони для побудови кожної гістограми зображення. Використання запропонованого підходу дозволяє знизити сумарну помилку розпізнавання при вирішенні задачі контролю доступу.

В іншій задачі – локалізації райдужної оболонки ока та ідентифікації іридоознак на зображенні ока, замість існуючих методів, які використовують спрощені підходи локалізації, пропонується використовувати метод AdaBoost в поєднанні з методом ЛБШ. Таке поєднання дозволяє не тільки ефективно та безпомилково визначати райдужну оболонку ока, а й враховувати текстуру радужки для проведення подальших досліджень. Для ідентифікації іридоознак використовується фільтрація заснована на кольоровому просторі $YCbCr$.

Запропоновані в роботі методи реалізовані в програмному продукті і забезпечують точну і швидку обробку зображень в режимі реального часу.

Література

1. Образний комп'ютер [Електронний ресурс] / Державна науково-технічна програма – Режим доступу : \www/ URL: <http://obrazcomp.irtc.org.ua/default.htm> – 19.03.2011 р. – Заголовок з екрану.

2. Zhu D. Robust pupil center detection using a curvature algorithm [Текст] / Zhu D., Moore S.T., Raphan T. // Computer methods and programs in biomedicine. – 1999. – №3 (59). – с. 145–157.
3. A hybrid algorithm for video-based eye tracking combining feature-based and model-based approaches [Текст] : тези доп. наук.-практ. конф. (червень 2005) / відп. ред. L. Dongheng – San Diego: CVPR, 2005. – с. 79.
4. Moore S.T. A geometric basis for measurement of three dimensional eye position using image processing [Текст] / Moore S.T., Haslwanter T., Curthoys I.S., Smith S.T. // Vision research. – 1996. – №36. – с. 445-459.
5. Iris Recognition Using Circular Symmetric Filters [Текст] : тези доп. наук.-практ. конф. (червень 2002) / відп. ред. Li Ma – Boston: ICPR, 2002. – с. 20414-20418.
6. Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology [Текст] : тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. (вересень 1997) / відп. ред. R. Wildes – Oregon: IEEE, 1997. – с. 1344-1347.
7. Tisse C. Person identification technique using human iris recognition [Текст] / Tisse C., Martin L., Torres L., Robert M. // Vision Interface – 2002. – с. 294-299.
8. Viola P. Robust Real-Time Face Detection. [Текст] / Viola P., Jones M. // International Journal of Computer Vision. – 2004. – №5-7(2). – с. 137-154.
9. Визначення впливу моделі опису об'єкта на достовірність його ідентифікації в системах комп'ютерного зору [Текст] // тези доп. міжнар. наук.-техн. конф. (вересень 2010) / відп. ред. М.В. Волошин – Київ: МЕЕС, 2010. – с. 69-72.
10. Волошин М.В. Моделі опису об'єкта та достовірність ідентифікації в системах комп'ютерного зору [Текст] // ЕЕ JET. – 2010. – №4/7 (46) – с. 56-63.
11. Маслій Р.В. Використання локальних бінарних шаблонів для розпізнавання облич на напівтонових зображеннях [Текст] // ВНТУ.– 2008.– №4.– С.1-6.

Abstract

The application of AdaBoost method and local binary pattern (LBP) method for different spheres of computer vision implementation, such as personality identification and computer iridology, is considered in the article. The goal of the research is to develop error-correcting methods and systems for implements of computer vision and computer iridology, in particular. This article considers the problem of colour spaces, which are used as a filter and as a pre-processing of images. Method of AdaBoost is used for detection of a face; and method of LBP is used for its identification. The general application of these methods is used to find the iris in the tasks of computer iridology and biometrics. Pre-processing of image allows accelerating the detection of a face in the picture in almost twice. The construction of classifiers for AdaBoost method on the basis of local binary patterns can improve error-correcting method of recognition, because the texture of an image is considered in this case. The research results can be used by experts for the construction of biometric systems and automated iridology systems in medical diagnosis

Keywords: local binary pattern; AdaBoost; recognition; identification; computer vision; colour spaces