

МЕТОД ЛОКАЛІЗАЦІЇ ВУШНОЇ РАКОВИНИ НА ЗОБРАЖЕННІ ЛЮДИНИ У ПРОФІЛЬ

У статті представлено результати дослідження, що пов'язане з розробленням методу локалізації вушної раковини на зображенні людини у профіль. Запропоновано метод локалізації вушної раковини, що ґрунтується на виділенні текстурних характеристик зображення, які можуть бути успішно виділені на зображенні незалежно від його чіткості. Метод розроблено для кольорових зображень, отриманих за нормальних умов освітлення.

Ключові слова: локалізація вушної раковини, сегментація шкіри, текстурний аналіз зображення, ентропія текстури.

KATERYNA REZNIK, YEYGENIYA SULEMA
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

METHOD OF PINNA LOCALIZATION ON PERSON'S IMAGE IN PROFILE

Abstract - This paper presents the method of a pinna localization in a person's image in profile, based on an analysis of the skin texture.

Due to the fact that the pinna has a complex structure, its image has difference in brightness that indicates the presence of textured areas. The proposed method of the localization consists of several stages: image segmentation by color, computation of the local texture entropy of isolated areas of skin, image binarization and morphological processing of selected areas. To study the proposed method effectiveness the database of color images of people in profile has been created. To estimate the quality of the algorithm that implements the proposed method of localization, expert evaluation was used: 20 experts in the age from 23 to 58 have evaluated 70 images of the algorithm results. The expert evaluation enables to conclude that the algorithm shows good results of the localization (86-92 %).

The limitations of the proposed method are its dependence on overlapping a pinna by hair and the fact that it can only be applied to color images, where human skin has natural color. The advantage of this method is its invariance to the image sharpness, as opposed to methods based on selection of objects boundaries.

Keywords: Pinna Localization, Skin Segmentation, Image Texture Analysis, Entropy of Texture.

1. Вступ

У сучасному суспільстві існує багато актуальних задач, які пов'язані з автоматичною ідентифікацією людських облич. Одним з прикладів такої задачі є моніторинг з метою забезпечення безпеки у місцях знаходження великої кількості людей (станції метро, вокзали, торговельні центри тощо).

Автоматична ідентифікація людей ґрунтується на методах біометрії – науки, що вивчає фізіологічні та поведінкові характеристики людини [1]. До фізіологічних характеристик людини відносять відбитки пальців, зображення обличчя, тембр голосу, колір волосся, райдужної оболонки ока, поведінкові характеристики – це хода, манера говорити, міміка тощо.

Наразі стрімко розвиваються системи автоматичної ідентифікації людини по фотографії або відео, адже такий підхід, на відміну від, наприклад, процесу порівняння відбитків пальців, не вимагає безпосереднього контакту людини з будь-якими спеціальними пристроями.

Разом з тим, розпізнавання людських облич у реальних умовах є складною задачею. Одна з причин цього – це варіативність умов освітлення, за яких знято зображення, а також розмірів і положення обличчя на зображенні. Для ефективного розпізнавання облич важливою є система ознак, за якими відбувається ідентифікація.

Вперше використання зображення вушної раковини для ідентифікації людини було описано в роботі [2]. Особливістю вушної раковини людини є те, що її вигляд не залежить від зміни емоцій, а також воно не змінюється з віком. У 1960 році групою дослідників було проаналізовано 206 зображень вушних раковин новонароджених, та зроблено висновок про можливість визначення особи новонародженого за формою вушної раковини [3].

Оскільки першим етапом роботи системи розпізнавання людини звичайно є процес локалізації ознак, за якими буде проводитися розпізнавання, то успіх розпізнавання людини буде залежати від точності методів локалізації та виділення характерних точок вушної раковини, за якими проводиться ідентифікація. Тому важливою є задача розроблення методів, що дозволяють виконувати локалізацію з високою точністю навіть на нечітких зображеннях.

2. Аналіз досліджень та публікацій

Однією з перших робіт, присвячених ідентифікації людини за ключовими точками, є стаття [2], опублікована за результатами двох досліджень, проведених Альфредом Яннареллі. У першому дослідженні аналізувались зображення у профіль 10000 осіб, які були вибрані випадковим чином. Друге дослідження було присвячене визначенню схожості форм вушних раковин у двійнят та трійнят, що надзвичайно схожі обличчями між собою. У обох випадках було визначено, що форма вушних раковин у всіх людей відрізняється, навіть вушні раковини близнят є хоч і подібними, але не ідентичними. Яннареллі визначив 12 характеристик (вимірів) вушної раковини, за якими можна ідентифікувати особу.

Головним недоліком даної системи вимірів можна вважати те, що автоматичне визначення ключових точок для вимірів по складності можна порівняти з самим процесом розпізнавання особи. Тому на практиці часто застосовують методи, що використовуються для локалізації облич: сегментація за кольором шкіри, пошук за формою тощо.

Основними методами, що використовуються для локалізації вушної раковини на зображенні, є:

- 1) метод активних контурів [4];
- 2) методи, що ґрунтуються на сегментації зображення по кольору шкіри та техніці порівняння з шаблоном [5];
- 3) метод, що поєднує порівняння з шаблоном та метод Distance Transform [6];
- 4) каскадний Adaboost метод [7];
- 5) метод з використанням перетворень Хафа [8];
- 6) методи з використанням функцій Габора [9].

Детальний аналіз існуючих алгоритмів містить робота [10]. У ній також наведено список баз зображень, що створені для використання у дослідженнях, пов'язаних з локалізацією вушних раковин на зображеннях та розпізнаванням осіб за цими зображеннями.

Аналіз літературних джерел показав, що проблема локалізації вушної раковини є недостатньо дослідженою. На основі проведеного аналізу існуючих методів та алгоритмів локалізації вушної раковини, було виявлено такі недоліки та невирішені питання:

- використання у багатьох роботах зображень, попередньо сегментованих до зображення лише частини, що містить вушну раковину (дослідження об'єкту за «ідеальних умов»);
- недостатнє дослідження проблеми локалізації вушної раковини на нечітких зображеннях;
- залежність результату локалізації від умов освітлення;
- недостатнє дослідження впливу на результат локалізації вушної раковини її часткового перекриття волоссям, ювелірними прикрасами, навушниками.

Отже, вдосконалення методів локалізації вушної раковини є актуальною задачею.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження, представленого у даній статті, є розроблення вдосконаленого методу локалізації вушної раковини на нечітких зображеннях, що дозволить відмовитися від попередньої корекції зображень.

Для досягнення цієї мети необхідно також вирішити такі задачі: проаналізувати процес локалізації вушної раковини та обрати критерії оцінювання якості результатів локалізації.

4. Процес локалізації вушної раковини та попередні умови для його виконання

Першим кроком на етапі локалізації вушної раковини на зображенні звичайно є сегментація за кольором шкіри. Цей спосіб є швидким, інваріантним до масштабу об'єктів, які потрібно знайти за кольором, та не потребує попереднього навчання детектора, але у цьому способі робиться припущення, що вушна раковина має природній колір шкіри.

Задача локалізації є спрощеним варіантом задачі знаходження об'єктів на зображенні, адже вхідними даними для неї є зображення, яке у результаті попередньої обробки містить один об'єкт, який треба локалізувати. Тому у даному дослідженні були сформульовані такі попередні умови:

- 1) зображення є кольоровим,
- 2) на зображенні присутня лише одна людина, зображена у профіль, тобто кількість об'єктів, які необхідно локалізувати $k = 1$;
- 3) вушна раковина має розмір не менше 55 пікселів та не більше 200 пікселів.

Вушна раковина – єдина частина зображення у профіль, яка має перепади у інтенсивності пікселів, і, як результат цього, містить багато ліній, що дозволяє застосовувати техніки виділення ліній та текстури для її локалізації [11].

Процес локалізації вушної раковини на зображенні у загальному вигляді включає в себе наступні етапи:

- 1) сегментація за кольором шкіри;
- 2) виділення текстурних характеристик зображення;
- 3) визначення області розташування вушної раковини.

Далі розглянемо детальніше кожний етап локалізації.

4.1. Сегментація зображення за кольором шкіри

Важливою властивістю шкіри людини є те, що у різних людей її колір відрізняється лише за яскравістю, а не за хроматичними складовими. Тому сегментацію за кольором доцільніше проводити у кольорових просторах, де компоненти кольору та яскравості розділені – CIE Lab, YCbCr, HSV тощо.

Розглянемо визначення кольору шкіри у колірних моделях RGB, YCbCr та CIE Lab.

RGB – це адитивна колірна модель, що визначає спосіб синтезу будь-якого кольору шляхом змішування у певних пропорціях базових кольорів, якими є червоний (R), зелений (G) та синій (B) колір. Отже, складова яскравості не відокремлена від кольорових компонент, що впливає на точність детектору шкіри, побудованого на основі даної моделі, при визначенні ділянок шкіри людей різних рас та за різних

умов освітлення. Наприклад, співвідношення колірних компонент даної моделі, що відповідають кольору шкіри у RGB, можна описати наступним чином [12]:

1) при рівномірному денному освітленні:

$$\begin{cases} (R > 95) \& (G > 40) \& (B > 20) \\ \max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\} > 15, \\ |R - G| > 15 \& (R > G) \& (R > B) \end{cases} \quad (1)$$

2) при боковому освітленні чи спалаху

$$\begin{cases} R > 220, G > 210, B > 170 \\ |R - G| \leq 15 \\ B < R, B < G \end{cases}, \quad (2)$$

де $R, G, B = [0, 255]$.

Тобто при заздалегідь невідомих умовах освітлення для успішної локалізації кольору шкіри у колірній моделі RGB виникає необхідність у застосуванні декількох послідовних аналізаторів кольору.

Тому для виділення кольору шкіри слід представити зображення у хроматичному колірному просторі. Хроматичні кольори (r, g) [13], що відомі як «чисті» кольори через відсутність яскравості у цих складових, визначаються у процесі нормалізації наступним чином:

$$r = R / (R + G + B), \quad (3)$$

$$g = G / (R + G + B). \quad (4)$$

Блакитний колір непотрібно додатково визначати, адже $r + g + b = 1$.

Також для побудови аналізатора кольору шкіри можна використовувати колірні моделі, в яких складова яскравості відокремлена від хроматичних складових – CIE Lab та YCbCr.

Колірна модель YCbCr представлена трьома складовими, де Y – яскравість, Cb та Cr відповідно синя та червона складові кольору.

Якщо моделі RGB та YCbCr залежать від характеристик апаратури, за допомогою якої отримане зображення, то колірна модель CIE Lab є апаратно-незалежною. В цій колірній моделі параметр L визначає світлоту (міру наближення даного відтінку кольору до білого кольору), параметри a та b – це хроматичні компоненти: $a > 0$ – червона, $a < 0$ – зелена, $b > 0$ – жовта, $b < 0$ – блакитна.

Отже, у даному дослідженні було побудовано аналізатор кольору шкіри у кольорових просторах YCbCr – з використанням компонент Cb та Cr, CIE Lab – з використанням компонент a та b та RGB з використанням «чистих» кольорів r та g.

Аналізатор кольору шкіри будується за допомогою розподілу Гауса $N(\mu, S)$, де μ – середнє, S – коваріантність. Якщо x – вектор хроматичного кольору пікселю в кольоровій моделі, то ймовірність $P(x)$ того, що він має колір шкіри, можна розрахувати [11] за формулою:

$$P(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi|S|}} \exp\left[-\frac{1}{2}(x - \mu)S^{-1}(x - \mu)^T\right]. \quad (5)$$

Для виділення ділянки шкіри на зображенні, отриманій після застосування формули (5), було застосовано алгоритм адаптивної фільтрації за порогом [14].

4. 2. Аналіз текстури зображення

Вушна раковина має складну структуру, що на зображенні обличчя у профіль проявляється у вигляді перепадів у інтенсивності пікселів та є найбільш текстурованою ділянкою шкіри. Наявність текстури має важливе значення для аналізу зображення.

Існує два підходи до визначення поняття текстури: структурний, при якому текстура являє собою множину примітивів – текселів, розташованих у певному порядку, та статистичний, коли текстуру визначають як кількісну характеристику розподілу значень інтенсивності на ділянці зображення [15].

У даному випадку під текстурою розуміємо кількісний розподіл інтенсивностей пікселів, які оцінюються, виходячи зі значення локальної ентропії. Локальна ентропія зображення у вікні W з розмірністю $n \times m$ елементів та значеннями $L(i, j)$ обчислюється наступним чином [16]:

$$\varepsilon = \sum_{(i, j)} \left(\frac{P(i, j) \log_2 P(i, j)}{\log_2 (nm)} \right) \quad (6)$$

де

$$P(i, j) = \frac{L(i, j)}{\sum_{a=-\lfloor \frac{n}{2} \rfloor}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} \sum_{b=-\lfloor \frac{m}{2} \rfloor}^{\lfloor \frac{m}{2} \rfloor} L(i+a, j+b)} \quad (7)$$

У даному дослідженні для визначення локальної ентропії було використано вікно з розмірами 9×9 елементів.

4.3. Запропонований метод локалізації вушної раковини на профільному зображенні людини

Метод локалізації вушної раковини на кольоровому зображенні, що пропонується, складається з наступних етапів:

сегментація зображення за кольором шкіри (модель розподілу кольору у колірних просторах RGB, YCbCr та CIELab). Процес складається з наступних етапів:

- побудова моделі розподілу кольору шкіри (рис. 2, б) для оригінального кольорового зображення (рис. 2, а);
- фільтрація маски шкіри за адаптивним порогом (рис. 2, в);
- виділення ділянки шкіри з оригінального зображення, попередньо перетвореного у зображення у відтінках сірого (рис. 2, г).

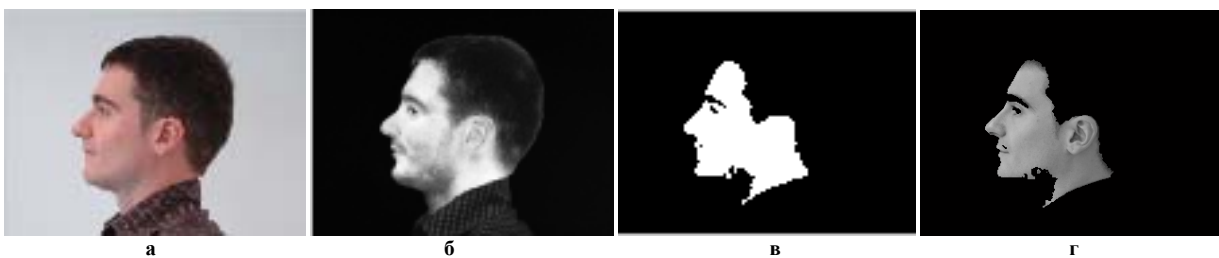


Рис. 2. Процес сегментації зображення за кольором шкіри: а – оригінал зображення, б – ймовірнісна модель розподілу кольору шкіри (YCbCr), в – фільтрація за адаптивним порогом, г – виділена ділянка шкіри

1) виділення текстурних характеристик зображення (рис. 3):

- обчислення локальної ентропії (рис. 3, б) виділеної ділянки шкіри (рис. 3, а);
- фільтрація зображення ентропії шкіри за порогом (рис. 3, в) для виділення найбільш текстурованих ділянок.

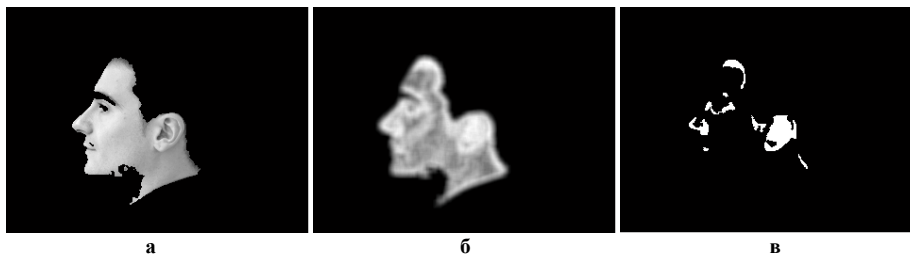


Рис. 3. Виділення текстури зображення: а – зображення ділянки шкіри, б – локальна ентропія текстури зображення, в – виділення областей з найбільшою ентропією (фільтрація за порогом)

2) аналіз виділених областей за розміром – вибір найбільшої виділеної ділянки (рис. 4): з попередньо відфільтрованого зображення (рис. 4, а) обирається найбільша виділена ділянка (рис. 4, б), над якою виконується морфологічна обробка (рис. 4, в).

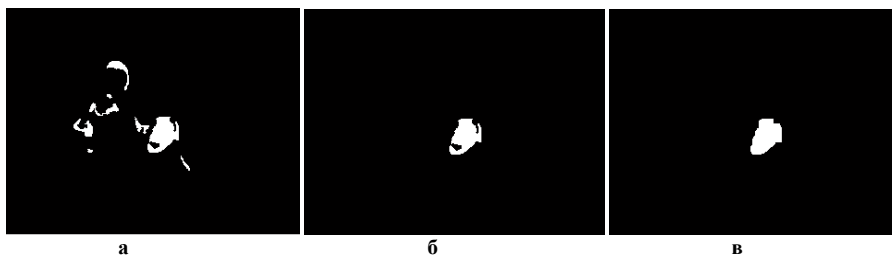


Рис. 4. Морфологічна обробка бінарного зображення: а – виділені ділянки зображення з найбільшою ентропією, б – зображення після відкидання ділянок надто малих, щоб бути вушною раковиною; в – морфологічна операція закриття бінарного зображення

3) локалізація вушної раковини (рис. 5):

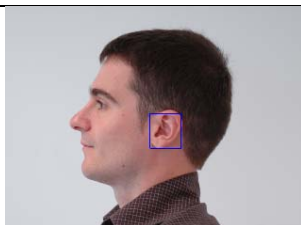


Рис. 5. Результат роботи методу

Як видно, даний метод не передбачає етапу верифікації виділеної ділянки, адже він спирається на те, що на зображенні знаходиться одне обличчя людини у профіль.

5. Практичні результати

Для дослідження результатів роботи методу була створена власна база зображень зі 100 фотографій, до складу якої увійшли зображення GTAV FaceDatabase [17] (лише зображення у профіль), зображення з бази AMI Ear Database [18], попередньо нормалізовані згідно вимоги 2, сформульованої у п.4 (на зображенні має бути присутнє лише одне обличчя у профіль), та зображення у профіль, що відповідають вимогам 1, 2 та 3.

Для визначення якості роботи алгоритму, що реалізує запропонований метод локалізації, використовувалась експертна оцінка. Експертам було надано 70 зображень, отриманих в результаті роботи алгоритму, та запропоновано відповісти на два питання:

«Оцініть, яка частина вушної раковини обведена прямокутником (0–100 %)».

«Оцініть, яку площу прямокутника займає вушна раковина (0–100 %)».

У склад експертної групи увійшло 20 осіб віком від 23 до 58 років.

Загальна оцінка локалізації оцінювалась за формулою:

$$m = \frac{0.7 \cdot a_1 + 0.3 \cdot a_2}{100}, \quad (8)$$

де a_1 – відсоток площі вушної раковини, що знаходиться у виділеній ділянці,

a_2 – відсоток площі, яку займає вушна раковина у виділеній ділянці.

Результати експертної оцінки наведені у табл. 1.

Таблиця 1

Результати роботи алгоритму реалізації розробленого методу

База зображень	Результат успішної локалізації вушної раковини
GTAV FaceDatabase	86 %
AMI Ear Database	92 %
Повна база зображень	90 %

У процесі аналізу запропонованого методу було з'ясовано, що його недоліком є залежність від часткового перекриття вушної раковини волоссям, а також те, що він може бути застосований лише для кольорових зображень, на яких колір шкіри є природним.

Додатково було проаналізовано стійкість методу при обробленні зображень, що не є чіткими, порівняно з методом, що ґрунтується на виділенні границь об'єктів [11]. Розмиття зображень було здійснено за допомогою усереднюючого фільтру (фільтрація за допомогою вікна 5x5 з однаковими ваговими коефіцієнтами). На рис. 6 показаний процес виділення границь (рис. 6, б) та текстурних характеристик (рис. 6, в) для оригінального зображення (рис. 6, а), а на рис. 7 – для розмитого зображення (рис. 7, а). Як видно, розмиття впливає на зменшення кількості виділених границь (рис. 7, б), отже метод, що ґрунтується на аналізі ділянок з більшою кількістю ліній, для розмитого зображення дає гірші результати, ніж для оригінального зображення. У той же час, зображення локальної ентропії для розмитого зображення (рис. 7, в) майже не змінюється.

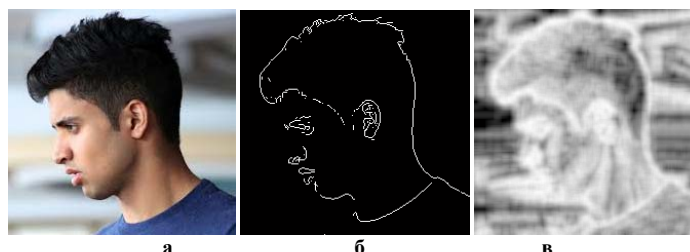


Рис. 6. Виділення границь та ентропія текстури на оригінальному зображенні: а – оригінальне зображення, б – зображення виділених границь, в – зображення локальної ентропії текстури

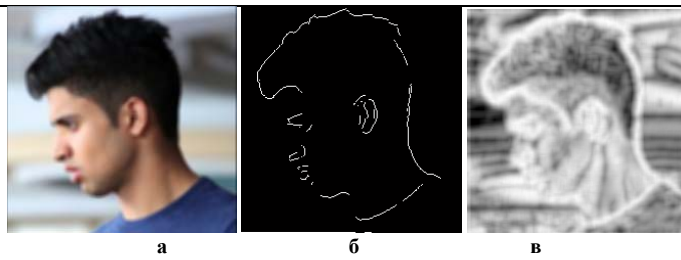


Рис. 7. Виділення границь та ентропія текстури на зображенні, до якого один раз застосований усереднюючий фільтр: а – розмите зображення, б – зображення виділених границь, в – зображення локальної ентропії текстури

При повторному застосуванні фільтру (рис. 8, а) метод, що ґрунтується на виділенні границь, дає ще гірші результати: рис. 8, б. При цьому зображення все ще можна сегментувати за значенням локальної ентропії текстури зображення: рис. 8, в.

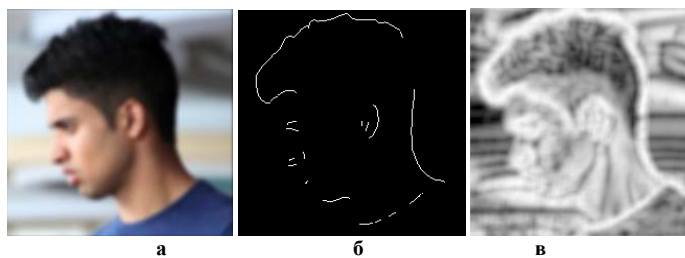


Рис. 8. Виділення границь та ентропія текстури на зображенні, до якого два рази застосований усереднюючий фільтр: а – розмите зображення, б – зображення виділених границь, в – зображення локальної ентропії текстури

Отже, запропонований метод, що ґрунтується на аналізі текстури зображення, можна використовувати як для чітких, так і для розмитих зображень.

6. Обмеження у застосуванні методу та шляхи їх усунення

Основною перешкодою для локалізації вушної раковини на зображенні є часткове перекриття вушної раковини волоссям або прикрасами. Також зображення мають бути зроблені при нормальному освітленні.

Для того, щоб метод був інваріантним до умов освітлення, необхідно додати етап аналізу освітлення зображення та його корекції. Для того, щоб метод можна було використовувати для зображень, зміст яких заздалегідь невідомий, необхідно додати етап верифікації, що може полягати, наприклад, у порівнянні виділеної ділянки зі шаблоном вушної раковини.

Робота зі зображенням у відтінках сірого або таких, на яких колір шкіри має неприродний колір (зелений, синій тощо), вимагає відмови від використання етапу сегментації шкіри за кольором та розроблення інших методів сегментації зображення (сегментація за формою об'єктів, використання нейронних мереж тощо).

7. Висновки

У дослідженні, результати якого представлені у даній статті, було виявлено невирішені раніше проблеми, пов'язані з локалізацією вушної раковини. Однією з яких таких проблем є низька ефективність застосування існуючих методів до нечітких зображень.

Запропонований у статті метод, що ґрунтується на аналізі текстури зображення, дозволяє вирішити проблему обробки зображень низької якості. Для опису текстури використовується значення її локальної ентропії. На відміну від методів, що ґрунтуються на виділенні границь об'єктів, даний метод дозволяє працювати з розмитими зображеннями.

Для оцінки якості роботи методу були обрані такі критерії, як повнота виділення вушної раковини та кількість корисних даних, що були виділені.

Запропонований метод показав високі результати локалізації (86-92%) для кольорових зображень, на яких колір шкіри є природнім.

Література

1. Ruud, M. B. Guide to biometrics / M. B. Ruud et al. — New York: Springer New York, 2004. — 364 p.
2. Iannarelli, A. Ear Identification. Forensic Identification Series / A. Iannarelli. — Fremont, California: Paramount Publishing Company, 1989. — 213 p.
3. Ross, A. Human Ear Recognition / A. Ross, A. Abaza // IEEE Computer Society, 2011. — P. 79–81.
4. Veles, J. F. Robust Ear Detection For Biometric Verification / J. F. Veles et al. // IADIS International Journal on Computer Science and Information Systems. — 2013. — Vol. 8, № 1. — P. 31–46.
5. Prakash, S. A Skin Color and Template Based Technique For Automatic Ear Detection : Seventh Intern.

- Conference / S. Prakash, U. Jaraman, P. Gupta // *Advances in Pattern Recognition ICAPR'09, 2009.* — P. 213–216.
6. Prakash, S. Ear Localization From Side Faces Images Using Distance Transform and Template Matching / S. Prakash, U. Jaraman, P. Gupta // *Proc. of IEEE International Workshop on Image Processing Theory, Tools and Applications IPTA 2008, 2008.* — P. 1–8.
7. Yuan, Li Ear detection Based on Impoved AdaBoost Algorithm / Li Yuan, Feng Zhang // *Chinese Conference on Pattern Recognition, IEEE, 2008.* — P. 1–6.
8. Arbab-Zavar, B. On Shape-Mediated Enrolment in Ear Biometrics / B. Arbab-Zavar, M. S. Nixon // *ISVC 2007, Part II, LNCS 2842.* — 2007. — P. 549–558.
9. Yuan, L. Ear Recognition Based on Gabor Features and KFDDA / L. Yuan, Z. Mu // *The Scientific World Journal.* — Hidawi Publishing Corporation, 2014. — Vol. 2014, article ID 702076. — 12 p.
10. Pflug, A. Ear Biometrics: A Survey of Detection, Feature Extraction and Recognition Methods / A. Pflug, C. Busch // *IET Biometrics.* — 2012. — Vol. 1, Issue 2. — P. 114–129.
11. Prakash, S. An Efficient Ear Localization Technique / S. Prakash, P. Gupta // *Image and Vision Computing.* — 2012. — Vol. 1, Issue 30. — P. 38–50.
12. Hiermath, P. S. Fuzzy Geometric Face Model for Face Detection Based on Skin Color Fusion Model / P. S. Hiermath, M. Hiremath // *Proceedings of International Conference on Advances in Computing.* — Springer India, 2013. — P. 977–982.
13. Billmeyer, F. W. *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae* / F. W. Billmeyer; G. Wyszecki, W. S. Styles; 2nd edition. Vol. 8, Issue 4— New York : John Wiley & Sons, 1983. — 628 p.
14. Cai, J. Detecting Human Faces in Color Images / J. Cai, A. Goshtasby, C. Yu // *Image and Vision Computing.* — 1999. — Vol. 18, № 1. — P. 63–75.
15. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман; под ред. С. М. Соколова; пер. с англ. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. — 752 с.
16. Журавель, И. М. Краткий курс теории обработки изображений / И. М. Журавель. — Режим доступа: <http://www.matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2>. — Дата доступа: 06.06.2014.
17. Tarrés, F. GTAV Face Database / F. Tarrés, A. Rama. — Available at : <http://gps-tsc.upc.es/GTAV/ResearchAreas/UPCFaceDatabase/GTAVFaceDatabase.htm>
18. Gonzalez, E. AMI Ear Database / E. Gonzalez, L. Alvarez, L. Mazon. — CTIM. Centro de I+D de Tecnologías de la Imagen, Universidad de Las Palmas de G. C. — Available at: http://www.ctim.es/research_works/ami_ear_database.

References

1. Ruud, M. B. (2004). *Guide to biometrics*. New York: Springer New York, 364.
2. Iannarelli, A. (1989). *Ear Identification. Forensic Identification Series*. Fremont, California: Paramount Publishing Company, 213.
3. Ross, A., Abaza, A. (2011). *Human Ear Recognition*. IEEE Computer Society, 79-81.
4. Veles, J. F. (2013). Robust Ear Detection For Biometric Verification . *IADIS International Journal on Computer Science and Information Systems*, 8 (1), 31–46.
5. Prakash, S., Jayaraman, U., Gupta, P. (2009). A Skin-Color and Template Based Technique for Automatic Ear Detection. 2009 Seventh International Conference on Advances in Pattern Recognition. doi:10.1109/icapr.2009.31
6. Prakash, S., Jaraman, U., Gupta, P. (2008). Ear Localization from Side Faces Images using Distance Transform and Template Matching. *Proc of IEEE International Workshop on Image Processing Theory, Tools and Applications, IPTA*, 1–8.
7. Li Yuan, Feng Zhang (2008). Ear detection based on improved AdaBoost algorithm. 2009 International Conference on Machine Learning and Cybernetics.
8. Arbab-Zavar, B., Nixon, M. S. (2007). On Shape-Mediated Enrolment in Ear Biometrics. *Lecture Notes in Computer Science*, 549–558.
9. Yuan, L., Mu, Z. (2014). Ear Recognition Based on Gabor Features and KFDDA. *The Scientific World Journal*, 1–12.
10. Pflug, A., Busch, C. (2012). Ear biometrics: a survey of detection, feature extraction and recognition methods. *IET Biometrics*, 1 (2), 114.
11. Prakash, S., Gupta, P. (2012). An efficient ear localization technique. *Image and Vision Computing*, 30 (1), 38–50.
12. Hiremath, P. S., Hiremath, M. (2013). Fuzzy Geometric Face Model for Face Detection Based on Skin Color Fusion Model. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 977–982.
13. Billmeyer, F. W. (1983). *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, 2nd ed., by Gunter Wyszecki and W. S. Stiles, John Wiley and Sons, New York, 1982, 950 pp. Price: \$75.00. *Color Res. Appl.*, 8 (4), 262–263.
14. Cai, J., Goshtasby, A., Yu, C. (1999). Detecting human faces in color images. *Proceedings International Workshop on Multi-Media Database Management Systems (Cat. No.98TB100249)*, 63–75.
15. Shapiro, L., Stockman, G. (2006). *Computer Vision*. Moscow: BLK Publishers, 752.
16. Zhuravel, I. M. Short Course of Image Processing. Available at: <http://www.matlab.exponenta.ru/imageprocess/book2>.
17. Tarrés, F., Rama, A. GTAV Face Database. Available at: <http://gps-tsc.upc.es/GTAV/ResearchAreas/UPCFaceDatabase/GTAVFaceDatabase.htm>
18. Gonzalez, E., Alvarez, L., Mazon L. AMI Ear Database. CTIM. Centro de I+D de Tecnologías de la Imagen, Universidad de Las Palmas de G.C. Available at: http://www.ctim.es/research_works/ami_ear_database.

Рецензія/Peer review : 14.7.2014 р.

Надрукована/Printed : 16.7.2014 р.

Рецензент: Дичка І.А., д.т.н., проф., кафедра програмного забезпечення комп'ютерних систем, факультет прикладної математики, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»