

# ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА КЕРУВАННЯ

DOI: 10.20535/kpi-sn.2019.4.174381

УДК 004.942, 57.087

М.В. Волошин\*

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси, Україна

\*corresponding author: info@dreams.global

## СПОСІБ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗАДАЧ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ

**Проблематика.** На сьогодні існують десятки методів і підходів до розпізнавання облич. Але якщо у сфері локалізації об'єктів на зображенні останніми роками були досягнуті більш-менш прийнятні результати, то у сфері ідентифікації все ще відкритою залишається проблема досягнення високої достовірності правильної класифікації облич. Значною мірою такий стан речей зумовлений початковими умовами збору інформації. Тому виникає необхідність у попередній обробці зображень, які за допомогою метаморфоз над вхідним сигналом будуть сприяти поліпшенню достовірності розпізнавання існуючих методів та підходів комп'ютерного зору.

**Мега дослідження.** Пошук і аналіз ефективних технік обробки зображень на основі ключових точок облич. Виконання експериментальних досліджень стосовно запропонованого способу попередньої обробки зображень та порівняння результатів експериментів з та без такої обробки.

**Методика реалізації.** Поставлена мета досягається завдяки аналізу відомих підходів ідентифікації, які використовуються в криміналістиці протягом останніх декількох десятиріч, а також за рахунок нормалізації зображень на основі ключових точок із використанням підходів до нормалізації геометричних параметрів у задачах комп'ютерного зору.

**Результати дослідження.** Наведено результати досліджень різних методів навчання та розпізнавання. Проаналізовано часові втрати етапів навчання та розпізнавання з та без розробленої попередньої обробки зображень. Показано, що завдяки розробленому способу попередньої обробки зображень вдається отримати кращі результати ідентифікації.

**Висновки.** Розроблені методи пошуку антропометричних точок обличчя відрізняються від існуючих здатністю знаходити ключові ознаки на слабконтрастних зображеннях зі складним фоном у режимі реального часу без попереднього навчання і настроювання. Розроблений спосіб попередньої обробки зображень дає змогу підвищити достовірність розпізнавання існуючих методів ідентифікації за рахунок нормалізації зображень на основі ключових точок обличчя.

**Ключові слова:** комп'ютерний зір; обробка зображень; ідентифікація; розпізнавання.

### Вступ

У цілому серед задач розпізнавання найбільш важливим вважається розпізнавання візуальних графічних образів. Під поняттями розпізнавання графічних образів та обробки зображень розуміють не лише покращення зорового сприйняття, а й класифікацію об'єктів під час аналізу зображень. Для окремих задач може постати необхідність у додаткових метаморфозах над сигналом: перетворення, спрямовані на поліпшення візуального аналізу через інтенсифікацію та нейтралізацію ключових патернів зображення; зміна просторових співвідношень; зміна та візуалізація кількісних характеристик тощо. Найбільш актуальними задачами є:

- 1) автоматичний контроль і верифікація об'єкта;
- 2) автоматичний контроль доступу;
- 3) ідентифікація об'єктів.

Основна складність контролю та верифікації об'єкта полягає в отриманні тотожних сигналів зображення, а також у неможливості контролювати умови отримання початкових сигналів. Також при реалізації таких систем неможливо однозначно визначити ті ознаки, які відіграють найбільш значущу роль. У більшості випадків значимість ознак зменшується зверху вниз [1].

Незважаючи на значний успіх, розпізнавання зображень тільки в деяких областях здатне за якістю результату порівнятися або перевершити когнітивну функцію сприйняття в людини [2]. Тому розробка способу попередньої обробки зображень обличчя для поліпшення достовірності розпізнавання в задачах автоматичного контролю та ідентифікації є найбільш значущою та актуальною проблемою.

## Постановка задачі

Мета роботи – поліпшити достовірність розпізнавання та ідентифікації в задачах комп’ютерного зору за рахунок попередньої обробки та нормалізації зображень на основі знайдених центрів антропометричних точок обличчя.

## Основне дослідження

На основі 70-річного досвіду криміналістами було розроблено процедуру проведення фотопортретної експертизи [3], а також методики криміналістичного опису зовнішності людини [4]. У працях [3, 4] наводиться опис антропометричних точок, які використовуються в процесі ідентифікації людини за фотопортретом.

**Група 1.** Точки, що описують очі: центри зіниць; внутрішні куточки очей; верхня повіка, що розташована вертикально над центрами зіниць; зовнішні куточки очей.

**Група 2.** Точки, що описують брови: крайні внутрішні точки брів; ординати найбільш нижніх і найбільш верхніх точок брів; точки брови, які розташовані по вертикалі, що проходить через центр сітківки ока; крайні зовнішні точки брів.

**Група 3.** Точки, що описують ділянку носа: нижня точка носа; точки перетину вертикальних дотичних до крил носа; крайні точки обличчя, що лежать на горизонталі, яка проходить через нижню точку носа.

**Група 4.** Точки, що відносяться до ділянки рота: верхня точка губ; центральна точка рота; крайні точки обличчя, що лежать на горизонталі, яка проходить через центральну точку рота; нижня точка обличчя.

Зазначені вище групи точок розміщені в порядку спадання інваріантності та надійності точного їх виділення. На основі зазначених точок можна виділити множину різних параметрів для ідентифікації. Отже, в результаті попередньої обробки зображення повинно бути зведене до єдиного масштабу та ракурсу. В нашій роботі під поняттям “єдиний ракурс обличчя” розуміється такий кадр, у якому основні антропометричні точки обличчя розміщені в тотожних ділянках від знімка до знімка.

Послідовність кроків такої обробки:

- пошук ділянки обличчя на зображенні;
- виявлення центрів зіниць;
- поворот зображення, якщо потрібно, в

результаті якого центри зіниць повинні знаходитися на одній горизонтальній прямій;

- масштабування та нормалізація всіх портретів на основі відстаней між зіницями;
- кадрування ділянки зображення із заданими розмірами, які були отримані в результаті попередніх кроків обробки зображення;
- вирівнювання характеристик яскравості вихідного зображення: контраст, інтенсивність тощо, залежно від початкових параметрів;
- обробка фотопортрета відповідно до вимог подальших етапів ідентифікації, наприклад виділення перепадів яскравості за допомогою оператора Собеля або підсилення рис обличчя.

## Алгоритм пошуку обличчя

Голова людини являє собою об’єкт із досить стійкими зовнішніми ознаками (брови, очі, ніс і рот). Верхня і нижня частини голови можуть істотно відрізнятися у людей різного віку, статі та раси переважно за рахунок наявності або відсутності волоссяного покриву і, меншою мірою, через особливості анатомічної будови. Варто відзначити, що відтінок шкіри і варіації в освітленні можуть тою чи іншою мірою “маскувати” обличчя, особливо на строкатому фоні. Додаткові складності виникають через відсутність апріорної інформації, наприклад про розміри голови на фотопортреті.

Для подолання зазначених проблем на першому кроці виконується операція виділення країв на зображенні [5, 6]. Нехай  $A(x, y)$  – зображення розміром  $m \times n$  пікселів. Далі проводиться згортка зображення  $A(x, y)$  з маскою  $H(x, y)$  розміром  $k \times l$ , тобто отримуємо перетворення вигляду  $A(x, y) \rightarrow A'(x, y)$ , при якому кожен елемент зображення  $A'(x, y)$  буде отримано таким чином:

$$a'_{ij} = \sum_{i'=1}^m \sum_{j'=1}^n a_{i-i'j-j'} \times h_{i'j'}$$

Маскою називають набір вагових коефіцієнтів, які використовуються для згортки і розміщені таким чином, щоб відображати просторові зв’язки між елементами, до яких вони застосовуються.

Специфіка цієї задачі вимагає застосування швидкого алгоритму, що дає надійні результати, в т.ч. і на слабконтрастних зображеннях. Після порівняння низки алгоритмів було вибрано оператор Собеля. Оператор Собеля [7] являє собою згортку вихідного зображення з двома масками

$S_h$  і  $S_v$  розміром  $3 \times 3$  окремо і з підсумовуванням результатів:

$$S_h = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix},$$

$$S_v = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$A' = \sqrt{(S_h \otimes A)^2 + (S_v \otimes A)^2}. \quad (1)$$

**1-й крок:** у результаті застосування оператора Собеля (1) отримуємо зображення  $A'$  з виділеними краями. Застосувавши інверсію до  $A'$ , одержимо зображення

$$\bar{A}' = G - A', \quad (2)$$

де  $G$  – константа, яка відповідає кількості рівнів яскравості зображення, в розглядуваному випадку  $G = 255$ .

На **2-му кроці**  $\bar{A}'$  бінаризуємо відповідно до методу Отсу [8]:

$$A'' = Ot(\bar{A}') = \begin{cases} 0, & \bar{a}'_{ij} \leq T^{opt}, \\ 1, & \bar{a}'_{ij} > T^{opt}, \end{cases} \quad (3)$$

де  $T^{opt}$  – оптимальний для  $\bar{A}'$  поріг бінаризації, обчислений відповідно до дискримінантного критерію максимальної міжкласової дисперсії рівнів яскравості (об'єкт/фон) [7].

**3-й крок:** для  $A''$  будується піраміда, що складається з множини зображень  $Mz = \{A_1'', A_2'', \dots, A_t''\}$ , де  $A_t''$  – зображення розміром  $\left(\frac{m}{c}\right) \times \left(\frac{n}{c}\right)$ ,  $c = 2t + p$  (у результаті експериментів було вибрано  $p = 14$ ), кожен піксель  $a_t''$  обчислюється відповідно до виразу

$$a_t''(i, j) = \frac{1}{c^2} \sum_{x=i-\frac{c}{2}}^{i+\frac{c}{2}} \sum_{y=j-\frac{c}{2}}^{j+\frac{c}{2}} a''(x, y).$$

**4-й крок:** при зіставленні еталона фіксованого розміру з кожним з  $A_t''$  різниця в масштабі не відіграє суттєвої ролі: там, де мозаїчне зображення ділянки обличчя збігатиметься за розміром з еталоном, функція порівняння  $F(A_t'', C)$

матиме мінімальне значення. Як  $F(A_t'', C)$  було вибрано

$$F(A_t'', C) = d(A_t'', C) = \sum_{x=i-\frac{T_m}{2}}^{i+\frac{T_m}{2}} \sum_{y=j-\frac{T_n}{2}}^{j+\frac{T_n}{2}} a_t''(x, y) - C(x, y).$$

У результаті вибирається та область зображення, при порівнянні з якою  $F(A_t'', C)$  дає мінімальне значення. Якщо різниця в значеннях оцінки  $F$  для кількох областей мінімальна або відсутня, то перевіряються відповідні їм області на суміжних ділянках  $A_{t-1}''$ ,  $A_{t+1}''$  і обчислюється комплексна оцінка.

#### Алгоритм пошуку зіниць

Відстань між зіницями є найважливішою величиною: вона є базисом, відносно якого визначаються всі основні пропорції обличчя. Другими за ступенем інваріантності можна назвати внутрішні куточки очей. Їх положення і видимість менше змінюються з часом. За наявності координат області обличчя  $A_F$  область пошуку центрів зіниць значно звужується.

**1-й крок:** здійснюється обробка ділянки обличчя за допомогою описаних вище інструментів: оператора Собеля (1), інверсії (2) і методу Отсу (3). У результаті перетворення  $A_F(x, y) \rightarrow A'_F(x, y) \rightarrow \bar{A}'_F(x, y) \rightarrow A''_F(x, y)$  отримуємо бінаризоване зображення з підкресленими ризами обличчя.

Для знаходження носа і рота використовуються інтегральні проекції – горизонтальна і вертикальна [9]. Обчислюються вони таким чином: якщо  $I(x, y)$  – вихідне зображення, то вертикальна проекція зображення  $I(x, y)$  у квадраті з кутовими координатами  $[x_1, y_1]$  і  $[x_2, y_2]$  обчислюється за формулою

$$V(x) = \sum_{y=y_1}^{y_2} I(x, y).$$

Аналогічно обчислюється горизонтальна проекція:

$$H(y) = \sum_{x=x_1}^{x_2} I(x, y).$$

**2-й крок:** за допомогою інтегральних проєкцій центральної частини обличчя виділяють кілька смуг  $A^{B_i}$  шириною приблизно 4-5 діаметрів зіниці, яким відповідають значні впадини на графіку  $f = V(x)$ . Глибина впадин на графіку  $f = V(x)$  достатня для прийняття рішення про аналіз відповідної області, яка встановлюється емпірично. Таких смуг виділяється не більше трьох, у 70 % випадків – одна, в 25 % – дві:  $A_F^n \rightarrow U \{A^{B_1}, A^{B_2}, \dots, A^{B_i}\}$ .

**3-й крок:** кожна з виділених смуг  $U \{A^{B_1}, A^{B_2}, \dots, A^{B_i}\}$  підлягає аналізу за допомогою перетворення Хоха [10]:

$$H_{iR}^B = A_i^B \otimes O_R,$$

де

$$O_R(m, n) = \begin{cases} 1, & (R - 0,5)^2 < m^2 + n^2 < (R + 0,5)^2, \\ 0. & \end{cases}$$

Результатом цього перетворення є відображення  $A^{B_q} \rightarrow H^{B_{qR}}$ , при якому кожному чорному пікселю  $a^{B_q}(i, j)$  ставиться у відповідність коло або півколо радіусом  $R$  пікселів із центром у  $h^{B_{qR}}(i, j)$ . Для кожної з областей проводиться декілька подібних перетворень із різними  $R = \{9, 12, 15, 17\}$ .

Геометричний зміст цього перетворення полягає в тому, що за наявності в області  $A^{B_q}$  елементів у вигляді півкола або кола радіусом  $R$  пікселів центр матиме найбільше значення на множині  $H^{B_{qR}}$ .

Ураховуючи інформацію про те, що в чоловіків відстань між зіницями становить  $63 \pm 7$  мм, а в жінок –  $61 \pm 6$  мм, за діаметра райдужки  $d = 12$  мм [11], на зображенні  $H^{B_{qR}}$  шукають локальні максимуми, віддалені один від одного по горизонталі на відстань  $4,5 - 6d$ . З отриманих пар-претендентів вибирається одна з найбільшим сумарним значенням на різних множинах  $H^{B_{qR}}$ .

Завдяки незалежності від можливих варіантів зображень очей і поступового звуження області пошуку зіниць цей алгоритм дає можливість надійно знаходити центри зіниць на слабконтрастних зображеннях.

### Формалізація способу попередньої обробки зображення відносно антропометричних точок обличчя

У цьому випадку під способом розуміють визначену послідовність кроків із застосуванням методів обробки зображення, які спрямовані на підвищення достовірності розпізнавання при його подальшій класифікації. В результаті застосування цього способу вхідні зображення об'єкта уніфікуються таким чином, що горизонтальні та вертикальні лінії очей і рота детерміновані від зображення до зображення:

- відкладається відстань між центрами зіниць:  $(L, R)$ ;
- відкладається відстань між центрами зіниць та центром рота:  $(EM, LM)$ ;
- відкладається прямокутна область:

$$R_c = \{x_0, y_0, W, H\},$$

де  $x_0$  та  $y_0$  – координати лівого верхнього кута прямокутника,  $W$  – ширина прямокутника,  $H$  – висота прямокутника. Тут:

- $x_0 = L(x) - (L, R) \times 0,6$ ,

де  $L(x)$  – абсциса центра лівої зіниці;

- $y_0 = \frac{L(y) + R(y)}{2} - (EM, LM)$ ,

де  $L(y)$  та  $R(y)$  – ординати центра лівої та правої зіниць відповідно;

- $W = (R(x) + (L, R) \times 0,6) - x_0$ ,

де  $R(x)$  – абсциса центра правої зіниці;

- $H = (LM(y) + (EM, LM) \times 0,55) - y_0$ ,

де  $LM(y)$  – ордината центра рота;

- масштабування прямокутної області  $R_c$  до необхідного розміру;
- вирівнювання зображення відносно  $L$  та  $R$ .

### Експериментальні дослідження

Оцінка ефективності запропонованого способу попередньої обробки зображень проводилась за двома напрямками: часові втрати при застосуванні такого способу порівняно зі звичайною локалізацією обличчя на зображенні та зміна достовірності розпізнавання відомими методами ідентифікації. Дослідження проводилося на мобільних пристроях компанії Apple під управлінням мобільної операційної системи iOS. Як вхідні дані використовувалися дві вибірки:

- Набір зображень обличчя Кембриджської лабораторії AT&T (ORL Database of Faces) [12]. У цьому наборі містяться зображення обличчя 40 осіб по 10 екземплярів на особу. Знімки зроблені в різний час, зі зміною освітлення, міміки та деталей. Усі знімки зроблені на темному однорідному фоні із суб'єктами у строго вертикальній фронтальній позиції. Всі файли мають фіксований розмір  $92 \times 112$  пікселів у відтінках сірого у форматі PGM.

- Набір зображень бази CDI Set (Celebrities Data Images) [13]. У цьому наборі міститься 20 осіб по 20 зображень на особу. Знімки були зроблені в різний час, зі зміною освітлення, фону, кута зйомки, деталей, міміки та положення голови. Всі файли мають різні розміри, виконані у поліхромному забарвленні, формат знімків – JPG.

Достовірність розпізнавання оцінювалась за допомогою таких методів, які реалізовані в бібліотеці OpenCV [14]:

- метод локальних бінарних шаблонів (LBP);
- метод аналізу головних компонент (PCA);
- лінійний дискримінантний аналіз (LDA).

Для оцінки часу роботи модуля нормалізації на множині зображень були проведені кілька експериментів, результати яких відображені на рис. 1 і 2. На рис. 1 показані графіки залежності часу навчання та розпізнавання звичайним методом локалізації обличчя та підходу з попередньою обробкою. За результатами досліджень середній час попередньої обробки одного зображення становив 10,23 мс.

На рис. 2 показані залежності достовірності розпізнавання від розміру вхідної вибірки з попередньою обробкою зображень та без неї. Середня достовірність розпізнавання різними методами, в результаті попередньої обробки зображень, покращилась і становила:

- середня достовірність розпізнавання методом локальних бінарних шаблонів була покращена в середньому з 44,92 до 53,1 %;

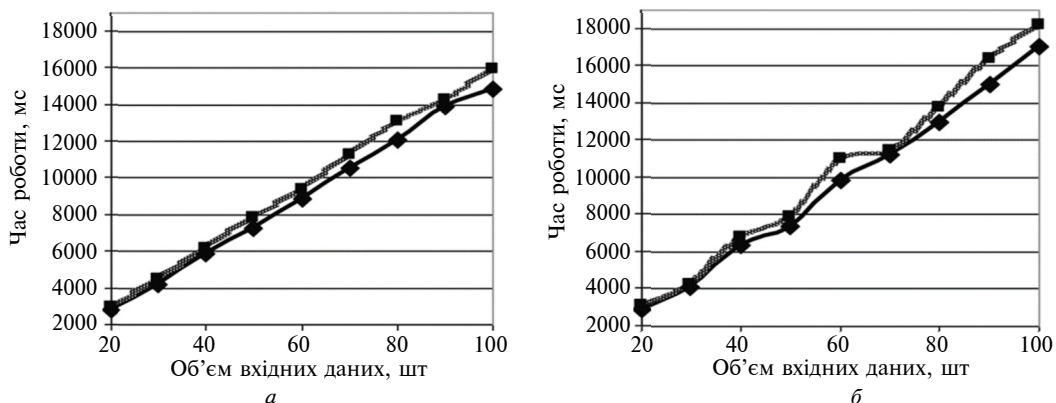


Рис. 1. Графіки залежності часу роботи навчання (а) та розпізнавання (б) від об'єму вхідних даних з та без попередньої підготовки зображень: ● – без підготовки; ■ – з підготовкою

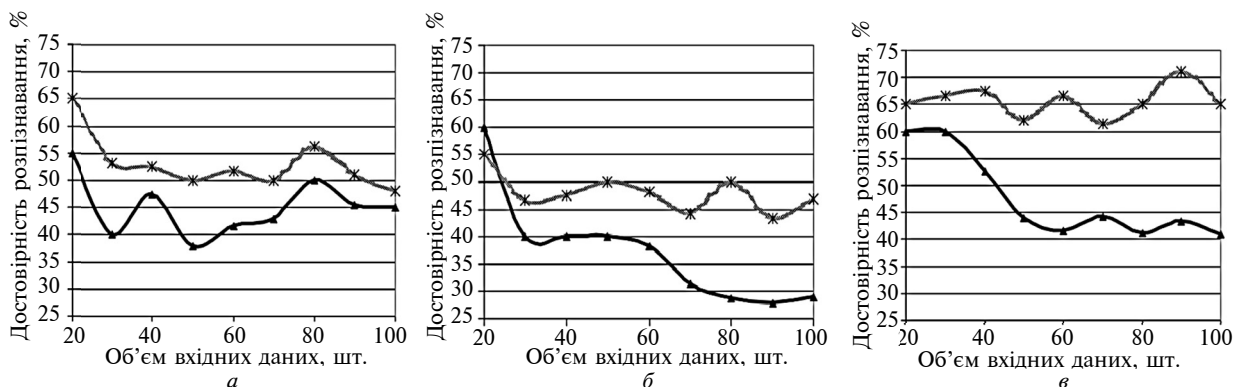


Рис. 2. Графіки достовірностей розпізнавання основними методами ідентифікації за різної кількості вхідних даних з та без попередньої підготовки: а – LBP; б – PCA; в – LDA; ● – без підготовки; \* – з підготовкою

- аналіз головних компонент — достовірність розпізнавання підвищено з 36,35 до 48,01 %;
- лінійний дискримінантний аналіз — достовірність розпізнавання підвищено з 46,71 до 65,6 %.

### Висновки

Проведено експериментальні дослідження способу попередньої обробки зображень обличчя та обґрунтовано доцільність застосування такої обробки. Експериментально відібрано вісім найбільш значущих для розпізнавання антропометричних точок обличчя. Варіанти попередньої обробки фотопортретів суттєво впливають на точність розпізнавання. На основі відібраних точок був запропонований спосіб нормалізації фотопортретів, за рахунок роботи якого зображення стають більш пристосовані для подальших етапів розпізнавання і показують кращі результати.

Розроблені методи пошуку ділянки обличчя і центрів зіниць очей відрізняються від існуючих здатністю знаходити обличчя і центри зіниць на слабконтрастних фотопортретах зі складним фоном у режимі реального часу без попереднього навчання і настроювання.

Було проведено заміри часових втрат попередньої обробки зображень, навчання та розпізнавання об'єктів, визначено достовірність розпізнавання об'єктів за їх графічним поданням у системах комп'ютерного зору. Було проведено випробування методів розпізнавання за різних умов освітлення, вхідних даних і різних ракурсів об'єктів. Запропонований у роботі новий спосіб обробки зображень дає змогу підвищити середню достовірність розпізнавання на 3–28 % залежно від набору вхідних даних і методів розпізнавання. Середній час попередньої обробки одного зображення становить 10,23 мс, що дає можливість застосовувати такий спосіб попередньої обробки у системах, які працюють в умовах, наближених до реального часу. Розроблений спосіб попередньої обробки відрізняється від існуючих здатністю знаходити ключові фрагменти зображень зі складним фоном у режимі без попереднього навчання і настроювання.

Подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз нових алгоритмів та підходів просторової обробки зображень для побудови оптимальних моделей, спрямованих на підвищення достовірності розпізнавання в системах комп'ютерного зору.

### References

- [1] J.G. Daugman, "Phenotypic versus genotypic approaches to face recognition", in *NATO ASI on Face Recognition*. Stirling, UK, 1997, pp. 269–283. doi: 10.1007/978-3-642-72201-1\_6
- [2] V. Vezhnevets and A. Degtyareva, "Detection and localization of a face on the image", *CGM Journal*, pp. 1–10, 2003.
- [3] A. Zinin and L. Kirsanova, *Forensic Expertise by Photo Portrait*. Moscow, Russia: MVD SSSR VKNC, 1991.
- [4] I. Vinichenko *et al.*, *Forensic Description of a Person's Appearance*. Moscow, Russia: Shchit-M, 1998.
- [5] K.R. Castleman, *Digital Image Processing*. Prentice Hall Int., 1996.
- [6] J.C. Russ, *The Image Processing Handbook*. Boca Raton: CRC Press, 1995.
- [7] R. Klette and P. Zamperoni, *Handbook of Image Processing Operators*. Chichester: John Wiley & Sons, 1996.
- [8] N. Otsu, "A threshold selection method from the gray-level histograms", *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol. SMC–9, no. 1, pp. 62–67, 1979. doi: 10.1109/tsmc.1979.4310076
- [9] R. Brunelli and T. Poggio, "Face recognition: features versus templates", *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intel.*, vol. 15, no. 10, pp. 1042–1052, 1993. doi: 10.1109/34.254061
- [10] T.J. Atherton and D.J. Kerbyson, "Size invariant circle detection", *Image and Vision Computing*, vol. 17, pp. 795–803, 1999. doi: 10.1016/s0262-8856(98)00160-7
- [11] P.C. Yuen and G.C. Feng, "Automatic eye detection for human identification", in *Proc. Scandinavian Conference on Image Analysis*, Finland, 1997, pp. 1293–1300.
- [12] *The Database of Faces* [Online]. Available: <http://www.cl.cam.ac.uk/research/dtg/attarchive/facedatabase.html>
- [13] *Celebrities Data Images Set for Computer Vision* [Online]. Available: <http://cdiset.blogspot.com/>
- [14] *OpenCV API Reference* [Online]. Available: <http://docs.opencv.org/modules/core/doc/intro.html>

Н.В. Волошин

#### СПОСОБ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ

**Проблематика.** На сегодняшний день существуют десятки методов и подходов к распознаванию лиц. Но если в области локализации объектов на изображении в последние годы были достигнуты более-менее приемлемые результаты, то в области идентификации все еще открытой остается проблема достижения высокой достоверности правильной классификации лиц. В значительной степени такое положение вещей обусловлено начальными условиями сбора информации. Поэтому возникает необходимость в предварительной обработке изображений, которые с помощью метаморфоз над входным сигналом будут способствовать улучшению достоверности распознавания существующих методов и подходов компьютерного зрения.

**Цель исследования.** Поиск и анализ эффективных техник обработки изображений на основе ключевых точек лица. Выполнение экспериментальных исследований по предложенному способу предварительной обработки изображений и сравнение результатов экспериментов с и без такой обработки.

**Методика реализации.** Поставленная цель достигается с помощью анализа известных подходов идентификации, которые используются в криминалистике на протяжении последних нескольких десятков лет, а также за счет нормализации изображений на основе ключевых точек с использованием подходов к нормализации геометрических параметров в задачах компьютерного зрения.

**Результаты исследования.** Приведены результаты исследований различных методов обучения и распознавания. Проанализированы потери времени этапов обучения и распознавания с и без разработанной предварительной обработки изображений. Показано, что благодаря разработанному способу предварительной обработки изображений удается получить лучшие результаты идентификации.

**Выводы.** Разработанные методы поиска антропометрических точек лица отличаются от существующих способностью находить ключевые признаки на слабokontrastных изображениях со сложным фоном в режиме реального времени без предварительного обучения и настройки. Разработанный способ предварительной обработки изображений позволяет повысить достоверность распознавания существующих методов идентификации за счет нормализации изображений на основе ключевых точек лица.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение; обработка изображений; идентификация; распознавание.

M.V. Voloshyn

#### THE IMAGE PREPROCESSING METHOD FOR FACE DETECTION PROBLEMS

**Background.** Today there are dozens of methods and approaches for facial recognition. In recent years there were achieved more or less acceptable results in object localization, but object identification is still an open problem for achieving high reliability of the correct person identification. It depends on collecting initial data very much. Therefore, there is a need for image preprocessing, which will help to improve the reliability of existing image recognition methods and computer vision approaches by manipulating the input signal.

**Objective.** The purpose of the paper is to search and analyze effective image processing techniques based on key points of the face. Performing experiments on the proposed image preprocessing method and comparing the results of experiments with and without such processing.

**Methods.** The purpose was achieved by analyzing the known identification methods that were used in criminalistics for the last decades and also by the image transformation based on the object's key points with the use of the image normalization approach based on the geometric parameters in computer vision issues.

**Results.** There are the results of studies of various methods of learning and recognition in this research. The time values of training and recognition with and without the proposed image preprocessing method are analyzed. It is shown that by using this image preprocessing method it can achieve better results of object identification.

**Conclusions.** The developed face anthropometric points localisation methods differ from the existing ones by the ability to find key features on low-contrast images with a complex background in real time without prior training and adjustment. The developed image preprocessing method allows improving the reliability of existing recognition methods by the image normalization based on the face key features.

**Keywords:** computer vision; image processing; identification; recognition.

Рекомендована Радою  
факультету прикладної математики  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції  
29 липня 2019 року

Прийнята до публікації  
05 вересня 2019 року