

УДК 004.93

МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ ЗА ХАРАКТЕРНИМИ ТОЧКАМИ КОНТУРУ В КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ

Д. І. Загородня, к. т. н. І. О. Палій, д. т. н. В. М. Крилов

Тернопільський національний економічний університет
Україна, м. Тернопіль
dza@tneu.edu.ua

В роботі запропоновано підхід до розпізнавання облич людей на основі виділення контуру обличчя на зображенні методом Канні, пошуку характерних точок інтерполяційним методом, класифікації багатоваріантним перцептроном.

Ключові слова: контур, характерні точки, відслідковування, інтерполяційний метод, геометричні моменти-ознаки.

Розпізнавання облич за геометричними ознаками являється однією із функцій систем відеоспостереження. Комп'ютерна ідентифікація людини за зображенням обличчя є одним із напрямків біометричної індустрії, який найдинамічніше розвивається і займає близько 12% ринку сучасних біометричних технологій. Привабливість даного напрямку пояснюється тим, що у такий же спосіб, зазвичай, люди ідентифікують один одного. До переваг систем комп'ютерного розпізнавання облич слід віднести простоту їх використання, відсутність потреби у дорогому або спеціальному обладнанні, пасивну взаємодію з людиною, коли не потрібен фізичний контакт із відповідними пристроями (дистанційне функціонування), а також те, що біометрична ідентифікація не використовує параметри, засоби чи інформацію, які можна забути, вкрати чи передати іншій особі. Такі системи все частіше застосовують у криміналістиці, системах контролю доступу, охоронних системах, у системах відеоспостереження в банках, офісах, аеропортах, супермаркетах, для пошуку суб'єктів в потоці людей за зовнішнім виглядом. При цьому активно використовується декілька десятків методів розпізнавання облич, які використовують головні компоненти, геометричні ознаки обличчя, штучні нейронні мережі, лінійний дискримінантний аналіз, еластичні графи, приховані Марківські моделі, нечітку логіку, метод опорних векторів та інші. Основним недоліком існуючих систем відеоспостереження є недостатня оперативність. Одним із шляхів підвищення оперативності є зниження об'єму інформації, що обробляється. В даній роботі пропонується метод розпізнавання облич за характерними точками контурів.

Основним завданням процедури розпізнавання облич є автоматичне віднесення досліджуваного об'єкту (зображення обличчя), заданого сукупністю спостережень, до одного із взаємовиключних класів (людей) або формування висновку про те, що об'єкт не відноситься до жодного із відомих класів [1]. Базуючись на основних складових типової системи технічного зору [2], можна побудувати узагальнену структурну схему системи відеоспостереження (рис. 1).

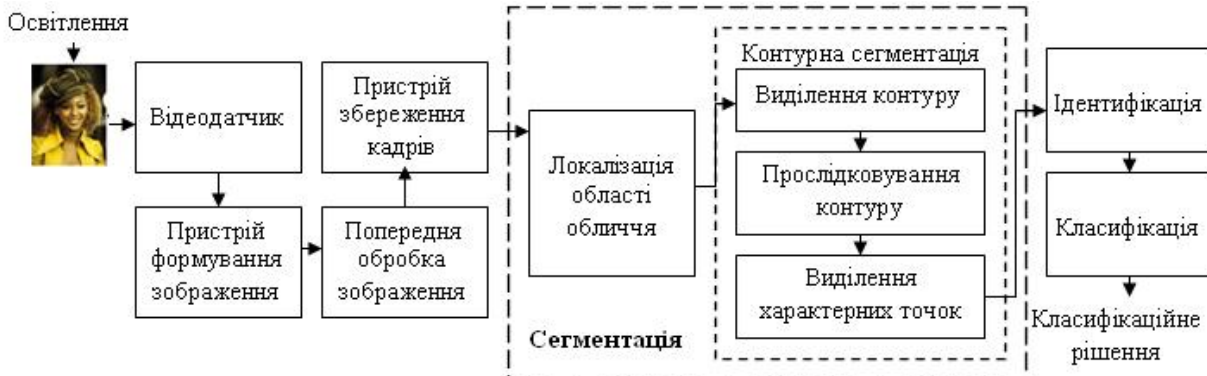


Рис. 1. Структурна схема системи відеоспостереження

Як видно з рис. 1, процес розпізнавання складається з трьох основних процедур: сегментації, ідентифікації та класифікації. Кожна з яких, в свою чергу, виконує ряд перетворень із зображенням. Так, процедура сегментації полягає у спрощенні і зміні представлення зображення, щоб його було простіше аналізувати. Вона використовується для того, щоб виділити об'єкти і межі (лінії, криві, і т. д.) на зображеннях. Результатом сегментації зображення є множина контурів, виділених із зображення, що значно зменшує об'єм інформації, що обробляється, та підвищує швидкість всієї системи відеоспостереження. Тому виконання цієї процедури багато в чому визначає результат роботи всієї системи.

При розпізнаванні об'єктів найбільш інформативною частиною зображення є контур. Для того, щоб підвищити оперативність роботи системи, потрібно зменшити об'єм інформації, що обробляється. Тому в даній роботі пропонується перейти від обробки всього зображення до розпізнавання облич за характерними точками контурів. Характерні точки – це точки на ділянках значної кривизни.

В результаті аналізу методів виділення контурів було обрано метод Канні [3] та виконано процедуру відслідковування контурів евристичним методом. Алгоритм методу Канні полягає в наступному:

1) згладжування – розмиття зображення для видалення шуму;

2) обчислення градієнта для визначення величини стрибка інтенсивності та його напрямку. Величина градієнта характеризує швидкість зміни функції A в точці (x, y) та обчислюється за формулою

$$\nabla A = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}, \text{ де } \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial A}{\partial x} \\ \frac{\partial A}{\partial y} \end{bmatrix},$$

напрямок градієнта визначається за формулою

$$\alpha(x, y) = \arctg\left(\frac{G_y}{G_x}\right);$$

3) пригноблення не-максимумів. Тільки локальні максимуми величини градієнта відмічаються як границі.

4) подвійна порогова фільтрація. Потенційні границі визначаються порогоми;

5) порівняння величини інтенсивності в одержаних точках контуру з двома порогоми. Точки, величина інтенсивності в яких менше нижнього порогу, не включаються в контурний препарат. Точки, величина інтенсивності в яких вище за нижній поріг, приєднуються до сусідніх точок, величина інтенсивності в яких перевищує верхній поріг.

Операція відслідковування полягає у створенні впорядкованого масиву точок контуру, які відображають суть фігури (характерні точки). Тому система розпізнавання об'єктів використовує інформацію тільки про координати характерних точок, що значно зменшує об'єм інформації, що обробляється.

Для виділення характерних точок контуру запропоновано інтерполяційний метод [4, 5], в якому проводиться підбір найдовшого прямолінійного відрізка між двома точками контуру. При цьому відстань від проміжних точок контуру до прямолінійного відрізка не повинна перевищувати заданого порога Δ . Алгоритм даного методу полягає у наступному.

1. Початкова точка контуру (x_0, y_0) вводиться в буферний пристрій.

2. Вибирається точка (x_n, y_n) . Розмір інтерполяційного відрізка n вибирають рівним фрагменту, що застосовується для контурної обробки ($n=4$). Визначається нахил інтерполяційного відрізка $m = \frac{(y_n - y_0)}{(x_n - x_0)}$. За цими даними обчислюються координати n точок, що ділять відрізок прямої на n

рівних інтервалів.

3. Обчислюються відстані Δ_i між відповідними точками кривої та інтерполяційного відрізка.

4. Значення Δ_i порівнюються з порогом Δ . Якщо $\Delta_i > \Delta$, то в буферний пристрій вводяться координати точки (x_i, y_i) і обчислювальний процес продовжується. При цьому точка (x_i, y_i) заноситься в масив характерних точок. Якщо жодне значення з Δ_i не перевищує Δ , то довжина інтерполяційного відрізка збільшується.

5. Критерієм виходу з циклу є перегляд всього масиву відслідкованих точок контуру і перетин поточного відрізка з початковою точкою.

Для ідентифікації запропоновано метод геометричних моментів-ознак з використанням інформації виключно про характерні точки контуру. Вираз для обчислення геометричних моментів-ознак має вигляд [4]

$$\mu_p = \iint_A \rho^p Q(\rho, \varphi) \psi(x \cap A), \quad (1)$$

де A – множина дійсних чисел; X – підмножина дійсних чисел $x(\rho, \varphi)$ координат характерних точок контура фігури в полярній системі координат; ψ – міра на множині дійсних чисел; ρ – порядок моменту; Q – множина характерних точок контура:

$$Q(\rho, \varphi) = \begin{cases} 1, \rho = \rho_i, \varphi = \varphi_i; i = 1, \dots, J, \\ 0, \rho \neq \rho_i, \end{cases}$$

J – число характерних точок контура об'єкта.

Враховуючи, що міра Лебега в полярній системі координат є площею трикутника, можна записати формулу (1) в дискретному вигляді:

$$\mu_p = \left| \sum_{i=0}^J \rho_i^{*(p+2)} \sin(\Delta\varphi_i) \right|, \quad (2)$$

де $\rho_i^* = \sqrt{\rho_i \rho_{i+1}}$ – середнє геометричне радіус-векторів,

$\Delta\varphi_i = \varphi_{i+1} - \varphi_i$ – різниця фаз між i -ою та $(i+1)$ -ою характерними точками.

Оскільки знак виразу залежить від напрямку обходу характерних точок, а нас цікавить тільки абсолютне значення, беремо модуль цього виразу. Для забезпечення інваріантності до масштабу, проведено нормування радіус-векторів, використовуючи коефіцієнт

$$\rho = \sqrt{\frac{S}{2\pi}},$$

де S – площа фігури.

Тоді вираз (2) буде мати вигляд

$$C_p = \left| \sum_{i=0}^J \rho_{i0}^{*(p+2)} \sin(\Delta\varphi_i) \right|,$$

де $\rho_{i0}^* = \frac{\rho_i^*}{\rho}$.

У випадку, коли $\Delta\varphi_i$ достатньо мале, тобто характерних точок досить багато, можна вважати, що $\sin(\Delta\varphi_i) \approx \Delta\varphi_i$. Тоді отримаємо

$$C_p = \left| \sum_{i=0}^J \rho_{i0}^{*(p+2)} \Delta\varphi_i \right|.$$

Саме значення C_p використовували як вектор ознак.

Для класифікації зображень запропоновано використати модель класичного багатошарового перцептронну. Він складається з послідовно з'єднаних вхідного (рецепторного), прихованих та вихідного шарів, де вихідний вектор кожного шару зв'язаний із вхідним вектором наступного шару. Кількість нейронів вхідного шару нейронної мережі дорівнює кількості елементів вектора ознак. Розмірність вихідного шару визначається кількістю класів (людей), які повинна вміти розпізнавати нейронна мережа за обличчям, а розмірність прихованого шару встановлюється експериментально. До переваг багатошарової нейронної мережі можна віднести простоту її реалізації та узагальнювальні властивості. У нейронній мережі використано сигмоїдну функцію активації, тому вихідне значення нейрону має вигляд

$$y_j = \frac{1}{1 + e^{-S_j}},$$

де S_j – зважена сума j -го нейрона вихідного рівня, що обчислюється за формулою

$$S_j = \sum_{i=1} \omega_{ij} * y_i - T_j,$$

y_i – вихідне значення i -го нейрона передостаннього рівня, ω_{ij} та T_j – відповідно вагові коефіцієнти та поріг j -го нейрона останнього рівня.

Вагові коефіцієнти та пороги нейронів у процесі навчання повинні змінюватись наступним чином:

$$\begin{aligned}\omega_{ij}(t+1) &= \omega_{ij}(t) - \alpha * \phi_j * y_j(i-y) * y_i, \\ T_j(t+1) &= T_j(t) + \alpha * \phi_j * y_j(i-y),\end{aligned}$$

де α – крок навчання.

Застосування запропонованих методів дозволяє підвищити оперативність роботи системи комп'ютерного розпізнавання в 1,6 разів в порівнянні з аналогічними системами. Проведені дослідження дозволяють рекомендувати розроблений метод в широкому колі практичних задач, пов'язаних з розпізнаванням геометричних об'єктів.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Фомин Я. А., Тарловский Г. Р. Статистическая теория распознавания образов.— Москва: РиС, 1986 р.
2. Абакумов В. Г., Антошук, С. Г., Крылов В. Н. Распознавание визуальной информации в автоматизированных системах // Электроника и связь.— 2003.— № 19.— С. 46–48.
3. Canny J. E. A computational approach to edge detection // IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence.— 1986.— № 8.— P. 679 — 698.
4. Крылов В. Н., Максимов М. В. Вторичные преобразователи сигналов изображений.— Одесса: Астро-принт, 1997 р.
5. Крылов В. Н., Щербакова Г. Ю. Совмещение изображений в системах оптического контроля печатных плат // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2000.— № 1.— С. 23—25.

D. I. Zagorodnya, I. O. Paly, V. M. Krylov.

Face recognition method using contour characteristic points in computer video surveillance systems.

The paper presents a face recognition method based on Canny's method for face edge detection, interpolation method for characteristic points localization and a multilayer perceptron for face classification.

Keywords: *outline specific points, trace, interpolation method, geometric moments-signs.*