

СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА СПЕКТРАЛЬНИМИ ОЗНАКАМИ ВІДБИТКІВ

Богдан Русин¹, Володимир Остап², Олег Остап²

¹ ФМІ НАН України, Львів 79601, вул Наукова 5а, т./ф.(0322)63-41-09, Rusyn@ipm.lviv.ua

² НУ "Львівська політехніка", Інститут Радіоелектроніки, Львів, 79046, вул. С.Бандери 12, т.(0322)93-16-91, Vova@ipm.lviv.ua, OstapOleg@org.lviv.net

Абстракт: Коротко описується система ідентифікації людини за відбитком пальця, блоки, методи обробки і розпізнавання. Під час розробки системи застосовано новий підхід до розпізнавання образів відбитків пальців людини, який кардинально відрізняється від загальноновживаних в таких системах методів. Система відрізняється простотою і не має жодних вимог до кількості наявних особистих ознак на зображенні папілярного узору.

Ключові слова: відбитки пальців, розпізнавання, ідентифікація, попередня обробка.

ВСТУП

В сучасному суспільстві, в якому нікого вже не дивують нові пристрої, поява систем ідентифікації людини за відбитками пальців, всетаки, привернула увагу навіть найпрогресивніших людей. Ще недавно відбитки пальців асоціювалися виключно з криміналістикою, а вже тепер область їх застосування поширюється і на повсякденне життя. Уже нікого не дивуватимуть мобільні телефонами, портативні комп'ютери, кредитні карточки, електронні замки із вбудованими системами ідентифікації власника за відбитком пальця. Відбиток пальця аналогічний унікальному коду, який не потрібно запам'ятовувати.

Дослідження аналогічних не біометричних систем захисту показують, що найбільш вразливим місцем в них є код, який повинен бути унікальним і заодно його повинен запам'ятати користувач. Серед інших біометричних систем

(ідентифікація за голосом, рогівкою ока, формою долоні, формою вуха, лицем, і т.д.) ідентифікація за відбитком пальця зайняла провідне місце завдяки простоті виконання і

незмінності папілярного візерунку протягом всього життя людини [1].

Системи біометричної ідентифікації можна розділити на 4 групи в порядку спадання їх поширеності:

1) Системи з алгоритмами розпізнавання за особистими ознаками відбитків [2].

2) Системи базовані на ознаках зформованих набором фільтрів Габора [3].

3) Системи розпізнавання з застосуванням математичного апарату: розкладання зображень в базисах ортогональних функцій, кореляція зображень, нейронні мережі [4, 5].

Системи останньої групи застосовуються нечасто, але все більше дослідників приділяють їм увагу. Системи з першої групи вимагають наявності достатньої кількості особистих ознак (наприклад 20 [2]), системи ж другої групи не забезпечують достатньої точності ідентифікації. Практичні дослідження візерунків відбитків показали, що не всі відбитки мають достатню кількість особистих ознак, навіть при повному скануванні усього візерунку і, нажаль, такі ознаки не повністю описують всю наявну для розпізнавання інформацію (напрямі і форма папілярних ліній), а лише описують розташування певних особливостей на ньому (закінчення, розвилка [1,2]). Методи з другої групи не описують прямо особисті ознаки, але все ж таки описують аномальну поведінку папілярного потоку ліній. Вище згадані недоліки усуваються в системах третьої групи, до якої відноситься розроблена.

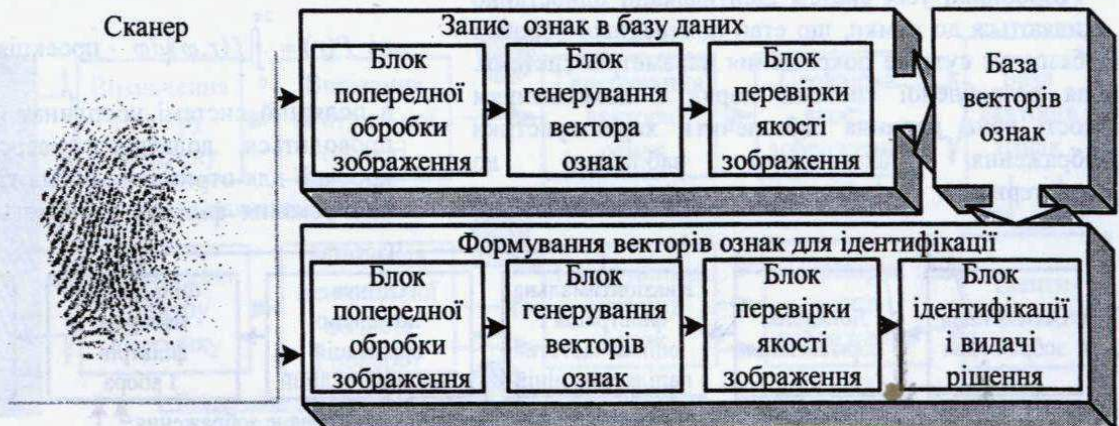


Рис. 1. Загальна блок-схема системи ідентифікації.

Роботу системи можна бути представити блок-схемою зображеною на рис.1.

Система включає 4 блоки: блок вводу зображення (сканер), блок запису векторів ознак в базу даних, блок ідентифікації і базу даних (БД) з векторами ознак (ВО) відбитків пальців. Система працює в двох режимах – це ввід відбитків пальців у базу даних і режим ідентифікації. В обох режимах першим етапом передбачається попередня обробка, з метою отримання зображень з найближчими до оптимальних для розпізнавання параметрами. Другим етапом проводиться генерування ВО. За принципом роботи ці етапи однакові для двох режимів, але під час ідентифікації формується не один ВО, а цілий набір векторів ознак (НВО) для різних кутів повороту зображення. Це викликано необхідністю досягнення інваріантності системи до повороту з неінваріантним методом розпізнавання. ВО, які використовуються в цій системі дозволяють також визначити якість зображення і проводити грубе відкидання неякісних відбитків під час вводу і ідентифікації, що виконується у наступному етапі. Великого значення процес відкидання неякісних відбитків набуває для введення їх у БД, оскільки у цій системі виконується порівняння об'єктів (зісканованих зображень) із еталоном (зображення із БД), а вимоги завжди жорсткіші до якості етalonів.

Ідентифікація особи за відбитками пальців проводиться за НВО W порівнюючи їх з усіма ВО з БД. Рішення про ідентифікацію приймається коли коефіцієнт подібності для пари векторів: ВО з БД та одного ВО з НВО W перевищує певну межу K . Відмінність між автоматизованими дактилоскопічними інформаційно-пошуковими системами (АДІС) і біометричними системами ідентифікації закладена в формі видачі результату. Так АДІС видають як результат – список претендентів і степінь подібності до вхідного, а у системах ідентифікації необхідна чітка ідентифікація з єдиною відповіддю – є в БД ідентичний відбиток чи ні.

1. ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА ВХІДНОГО ЗОБРАЖЕННЯ

Розробники усіх систем ідентифікації одностайно схиляються до думки, що етап попередньої обробки забезпечує суттєве покращення параметрів системи. Для розробленої системи поряд з покращенням якості вона повинна забезпечити характеристики зображення максимально наближені до характеристик ідеального дактилоскопічного

зображення [6]. Блок-схема представлена на рис.2 відображає блоки попередньої обробки і їх взаємозв'язки.

Сегментація зображення. Суть процесу сегментації зображення зводиться до формування так-званої маски зображення, яка виділяє інформативну область зображення E , де знаходиться відбиток. Метою даного етапу є усунення фонового наповнення зображення і зменшення затрат часу під час наступної обробки, завдяки локалізації папілярного узору, і проведення наступних етапів в межах інформативної області E . Детально метод сегментації описаний в [6].

Локальна нормалізація. Дуже рідко зустрічаються відбитки без спотворень типу "невідповідний контакт" [6]. Ця ситуація вимагає введення даного етапу. Він дозволяє повністю усунути вище згадані спотворення спрощеної форми (опік) та частково спотворення складної форми (пересихання шкіри, нерівномірність зволоження, шкірні захворювання) [6]. Після проходження зображення через даний етап вихідне зображення матиме однакові локальні значення математичного очікування і середньоквадратичного відхилення яскравості зображення в інформативній області E . Детальний опис приведено в [6].

Квазіоптимальна фільтрація і оцінка періоду папілярних ліній. В попередніх роботах нами було запропоновано використовувати адаптивну смугову фільтрацію для усунення ВЧ і НЧ шумів, як в роботі [7]. Така фільтрація дозволяє значно покращити оцінку локальної орієнтації папілярних ліній, але кращі результати отримуються при застосуванні комбінації адаптивної смугової і квазіоптимальної фільтрації. В цьому випадку формується квазіоптимальний двомірний фільтр з адаптивно обмеженою смугою пропускання.

Нехай $f(\omega_x, \omega_y)$ - спектр вхідного зображення $g(x, y)$, а $f(r, \varphi)$ - той же спектр, але представлений в сферичній системі координат, тоді квазіоптимальний фільтр дактилоскопічного зображення з коловою анізотропією спектра матиме вигляд:

$$F(x, y) = P(r'), \quad r' = \sqrt{x^2 + y^2}, \quad (1)$$

де $P(r) = \int_0^{2\pi} f(r, \varphi) |d\varphi|$ - проекція спектра на вісь OR

в полярній системі координат (Рис.3). На практиці проводиться, додатково, усереднююча фільтрація проекції для отримання більш гладкої кривої. Смуга пропускання фільтра вибирається аналогічно смузі



Рис.2. Блок-схема попередньої обробки зображень.

пропускання адаптивного смугового фільтра описаного в [7].

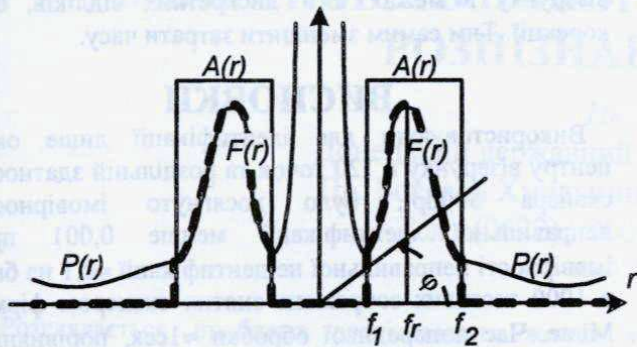


Рис.3. Січення амплітудно частотних характеристик на вісь OR адаптивного смугового $A(r)$ і квазіоптимального $F(r)$ фільтрів з проекцією спектра зображення $P(r)$ та смугою пропускання $f_1 - f_2$.

Під час оцінки смуги пропускання фільтра визначається пік проекції $P(r)$ в області середньочастотних складових спектра, який в свою чергу відповідає середній частоті папілярних ліній f_r . В даному випадку частота папілярних ліній виражає обернену величину до середнього періоду папілярних ліній [1].

Оцінка локальних орієнтацій папілярних ліній. Цей етап обробки не вносить жодних змін в саме зображення, а оцінює локальну орієнтацію папілярних ліній зображення в межах інформативної області E . На цьому етапі застосовується покращений метод оцінки локальних орієнтацій базований на градієнтах яскравості зображення, який детально описаний в [8].

Фільтрація зображення набором фільтрів Габора. Цей етап є найвагомішим в обробці, але не може бути якісно проведений без належної оцінки локальної орієнтації папілярних ліній і їх середньої частоти. Так неточності оцінки наведених величин призведуть не до покращення якості, а до повного спотворення візерунку. Нами використано набір з 16 фільтрів з кутами повороту імпульсних характеристик $0, 12, \dots, 168$ градусів. Детальний опис

алгоритму фільтрації і фільтра Габора можна знайти у [8].

Перетворення гистограми. Після двох типів фільтрації (квазіоптимальної частотної та фільтрації фільтром Габора), гистограма зображення набуває характеру Гаусівської кривої, що кардинально відрізняється від гистограми ідеального дактилоскопічного зображення, яке має гистограму у вигляді параболи [6]. Цей етап дає не тільки візуальне покращення зображення але і забезпечує необхідні параметри вихідного зображення для генерування ознак та розпізнавання. Опис перетворення гистограми наведений в [6].

Після попередньої обробки зображення матиме такі, важливі для етапу розпізнавання, властивості:

1) Різниця локальної потужності яскравості зображення у двох довільних однакових за розміром областях зображення в інформативній області E прямує до нуля.

2) Основні спектральні складові зображення, що відповідають першим гармонікам спотворених гармонічних хвиль, зосередженні в СЧ смузі частот і утворюють колову анізотропію спектра.

2. ГЕНЕРУВАННЯ ВЕКТОРІВ ОЗНАК ТА ІДЕНТИФІКАЦІЯ

Використання кореляційного методу для порівняння двох зображень за спектральними ознаками не передбачає кореляції векторів, як при класичній інтерпретації таких методів, а кореляцію двох зображень в частотній області з використанням, відновлених з векторів, двох спектрів [9]. Такий метод розпізнавання зберігає основні переваги кореляційних методів, але враховує колову анізотропію спектра, що значно зменшує об'єм векторів ознак. Формування вектора в системі ідентифікації з усього зображення відбитку є недоцільним, а в більшості випадків і небажано, оскільки значно погіршує якість розпізнавання із-за наявних нелінійних геометричних спотворень візерунку, які змінюються від зміни умов формування відбитку. Дослідити і компенсувати такі спотворення неможливо із-за їх нестационарності. У

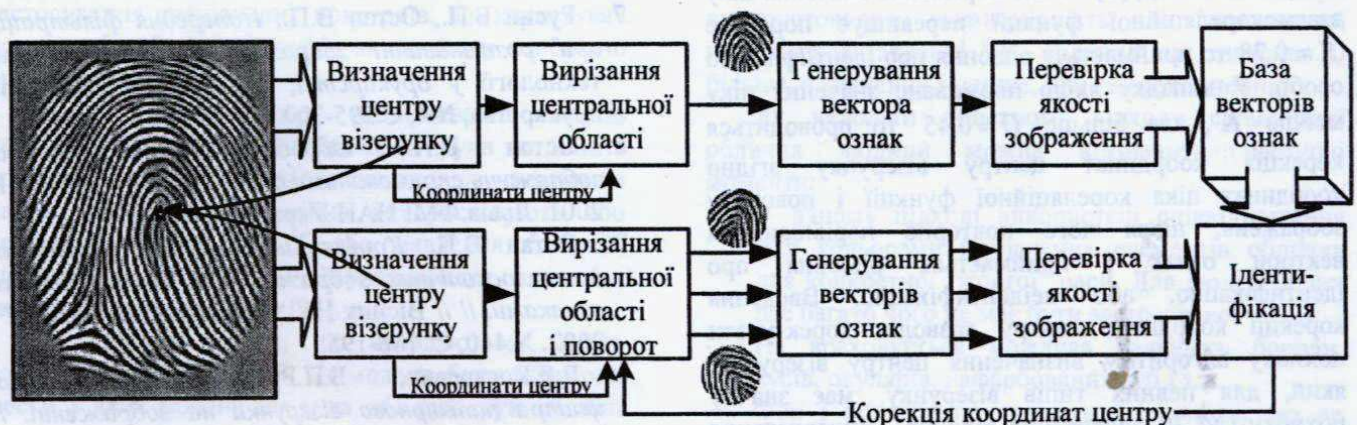


Рис.4. Розгорнута блок-схема блоків генерування ознак й ідентифікації.

випадку нашої системи, пропонуємо використовувати для ідентифікації особи лише центральну частину папілярного візерунку - навколо центру узору.

Загальна структура блоків генерування векторів ознак і блоку розпізнавання представлена на рис.4.

Використання для розпізнавання лише центральної частини узору зумовлене наступними факторами:

- 1) Центральна область найменш піддається геометричним спотворенням типу "губка".
- 2) Центральна частина узору є найбільш інформативною з точки зору унікальності.
- 3) Можлива чітка прив'язка до центру узору.
- 4) Центральна область відбитка має найкращий контакт із сенсором сканера.

Визначення центру візерунку. В цьому блоці застосований відомий алгоритм визначення центру візерунку за напрямками папілярних ліній і детально описаний в багатьох публікаціях [10].

Вирізання центральної області. Вирізається круговий окіл для того, щоб під час повороту, область зображення, яка корелюється, залишалася тією ж (Рис.4). В режимі вводу відбитка в БД окіл має діаметр 120 дискретних відліків, а в режимі ідентифікації 100.

Генерування векторів ознак. Ці блоки детально описані в попередній публікації [9], різниця полягає лише у використанні для генерування ознак центральної області візерунку, а не всього зображення.

Перевірка якості зображення. Основна мета цього етапу відкидання неякісних і неповних (неповністю відбита центральна область) зображень під час введення їх в БД. В режимі ідентифікації цей етап допоміжний і не несе вагомego впливу, так як в цьому режимі межа відкидання за якістю значно менша. Для перевірки встановлюється межа потужності яскравості центрального околу, за умови перевищення якої вхідне зображення вважається придатним для розпізнавання (5E4 для вводу в БД і 2E4 для ідентифікації).

Ідентифікація. Під час ідентифікації корелюються зображення в частотній області за допомогою спектрів відновлених зі спектральних ознак. Вектори ознак W порівнюються з усіма векторами ознак V , записаними в БД [9]. Якщо нормоване значення піку взаємкореляційної функції перевищує порогове $K = 0.78$ то приймається рішення про ідентифікацію особи. У випадку якщо нормоване значення піку менше K , але більше $Q = 0.45$ то проводиться корекція координат центру візерунку згідно координат піка кореляційної функції і повороту зображень, після чого повторно порівнюються вектори ознак і приймається рішення про ідентифікацію, або неідентифікацію. Введення корекції координат центру дозволяє коректувати похибку алгоритму визначення центру візерунку, який, для певних типів візерунку, має значну похибку (до 30 дискретних відліків). Використання двох різних околів для вводу відбитка та

ідентифікації дозволяє усунути чутливість системи до неточності визначення координат центру візерунку в межах ± 10 дискретних відліків, без корекції. Тим самим зменшити затрати часу.

ВИСНОВКИ

Використовуючи для ідентифікації лише окіл центру візерунку в 120 точок та роздільній здатності сканера 500dpi, було досягнуто імовірності неправильної ідентифікації менше 0,001 при імовірності неправильної неідентифікації ≈ 0.1 на базі в 1000 тестових зображень знятих сканером фірми Miraе. Час попередньої обробки ≈ 1 сек, порівняння двох зображень ≈ 0.2 сек на комп'ютері з процесором Pentium III-600МГц. Використання такого алгоритму дозволило максимально зберегти переваги кореляційних методів розпізнавання з одночасним зменшенням впливу геометричних спотворень і зменшенням затрат часу. Наступним етапом роботи буде поєднання даного методу з менш точними, але швидшими, для попереднього відсіювання кандидатів з БД.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Дактилоскопическая экспертиза: современное состояние и перспективы развития.* –Красноярск, 1990.
2. A.Jain, L.Hong, R.Bolle. *On-line fingerprint verification.* // IEEE Trans. Pattern Anal. And Machine Intell., 1997. №19(4), pp.302-304.
3. A.R.Jain, S.Prabhakar, L.Hong, S.Pankanti. *Filterbank-based fingerprint matching.* // IEEE Trans. Image Processing, 2000. №9(5), pp.846-859.
4. K.H.Fielding, J.L.Horner, C.K.Makekau. *Optical fingerprint identification by binary joint transform correlator.* // Optical Engineering, 1991. №30(12), pp.1958-1961.
5. P.Baldi, Y.Chauvin. *Neural networks for fingerprint recognition.* // Neural Computation, 1993. №5(3), pp.402-418.
6. Б.П.Русин, І.Н.Прудюс, В.П.Остап. *Спотворення й алгоритм попередньої обробки дактилоскопічних зображень* // Відбір і обробка інформації. 2002. Львів: ФМІ НАН України, №16, С.87-91.
7. Русин Б.П., Остап В.П., *Попередня фільтрація при розпізнаванні зображень.* // Комп'ютерні технології у друкарстві, 2000. Львів: Академія друкарства, №4, С.295-300.
8. Остап В.П., *Обробка дактилоскопічних зображень спрямованими фільтрами* // КМН-2001, 2001. Львів:ФМІ НАН України, С.205-210.
9. Остап В.П. *Кореляційний метод порівняння дактилоскопічних зображень за спектральними ознаками.* // Вісник НУ "Львівська політехніка". 2002. №440, С. 188-195.
10. Р.Я.Косаревич, Б.П.Русин. *Детектування центра папілярного візерунку на зображенні.* // Відбір і обробка інформації. 2002. Львів: ФМІ НАН України, №16, С.92-95.