

УДК 004.93

Н. Н. ШАПОВАЛОВА, І. О. ДОЦЕНКО, старші викладачі, В. О. ЩЕРБИНА, студент
Криворізький національний університет

ІДЕНТИФІКАЦІЯ КОРИСТУВАЧА СИСТЕМИ ЗА ВІДБИТКАМИ ПАЛЬЦІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Мета. Створення біометричної системи контролю доступу з використанням відбитків пальців, оптимізація пошуку еталонних образів відбитків за рахунок використання алгоритмів штучного інтелекту, мінімізація проценту таких біометричних ймовірнісних показників, як хибний доступ до системи і хибна відмова. Впровадження системи у технологію дистанційного банківського обслуговування за типом ATM-banking і платіжних терміналів.

Методи. Для вирішення поставлених завдань використовувалися наступні методи: загальнонаукові методи теоретичного дослідження: аналіз визначених типів відбитків пальців людини за їх основними класами, синтез отриманих даних у формі зображення і перетворення їх у векторну модель, формалізація методів отримання контрольних точок відбитку пальця, моделювання процесу класифікації образів отриманих даних за певними типами відбитків, узагальнення; методи емпіричного дослідження: вивчення досвіду в області поставленого завдання, тестування отриманої моделі; методи об'єктно-орієнтованого проектування та програмування.

Наукова новизна. Проведено класифікацію відбитків пальців людини на основі методу штучного інтелекту – градієнтного бустінгу – спрямованої побудови композиції дерев рішень.

Практична значимість виконаної роботи полягає в значному прискоренні процесу ідентифікації відбитків пальців клієнта в дистанційній системі банківського обслуговування за рахунок того, що пошук еталонного зразка відбитку пальця виконується не в усій наявній базі, а в підмножині еталонів, які належать до одного з п'яти відомих типів відбитків пальців людини. При цьому точність ідентифікації і надійність системи зберігається.

Результати. Розроблено алгоритм класифікації відбитків пальців за основними їх типами (дуга, ліва петля, права петля, півсфера, завиток тощо) на основі методу машинного навчання – градієнтного бустінгу для прискорення подальшого процесу ідентифікації відбитків пальців клієнта за методом контрольних точок у системі дистанційного банківського обслуговування.

Ключові слова: біометрія, відбитки пальців, метод контрольних точок, класифікація відбитків пальців, машинне навчання, градієнтний бустінг, дистанційне банківське обслуговування.

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-47-81-84

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. На сьогоднішній день біометрія отримала найбільш широке поширення серед комплексу технік і знарядь захисту даних. Біометрична верифікація є засобом, за допомогою якого людину можна ідентифікувати завдяки

однієї або декількох відмінних біологічних ознак. До унікальних біометричних ідентифікаторів можна віднести: відбитки пальців, геометрію рук, геометрію мочки вуха, структуру сітківки та діафрагму ока, голосові хвилі, ДНК та підписи [1].

Біометричні технології забезпечують виконання вимог підвищення ефективності фінансової системи і безпеку. Найбільш очевидна область використання біометрії – це оперативна і надійна ідентифікація клієнта на різних етапах і в різних сценаріях фінансових взаємодій. Друга область – забезпечення безпеки при роботі з персональною інформацією і фінансовими даними в системах платежів і переказів, кредитування, банкінгу тощо.

Незважаючи на те, яка саме біометрична методологія використовується, процес підтвердження ідентифікації залишається незмінним. Унікальна характеристика людини, яка отримана від пристрою та в подальшому пропущена через алгоритми, записується та зберігається у базі даних. Коли виникає потреба здійснити перевірку ідентифікації, з пристрою фіксується запис, який порівнюється з попереднім в базі даних. Якщо дані нового запису мають відповідність з вже існуючим записом в базі даних, ідентичність особи підтверджується.

Аналіз досліджень і публікацій. В даний час виділяють три класи алгоритмів порівняння відбитків пальців: кореляційне порівняння, порівняння за контрольними точками, порівняння по візерунку [2].

Ідея кореляційного порівняння полягає у тому, що зображення одного відбитка у різних положеннях накладаються один на інший і обчислюється коефіцієнт кореляції між відповідними пікселями. В процесі виявлення відмінностей потрібно враховувати, що одна людина може кожен раз прикладати палець під різним кутом і в різні місця сканера. Це означає, що порівняння відбитка пальця із зразками повинно складатися з великої кількості ітерацій, на кожній з яких здійснюється зміщення або поворот отриманого зі сканера зображення. Перевагою методу

є низькі вимоги до якості зображення. Недолік полягає в великій тривалості процедури порівняння еталона з отриманим папілярним візерунком, що занадто обмежує сферу застосування даного методу. У зв'язку зі складністю і тривалістю роботи алгоритму, метод кореляційного порівняння останнім часом майже не застосовується.

Для ідентифікації за методом контрольних точок на отриманих зі сканера зображеннях відбитків пальців, виокремлюють особливі точки (точки розгалуження і кінцеві точки), які порівнюються з контрольними точками відбитку-шаблону. За кількістю збігів точок приймається рішення про ідентифікацію. Перевагою методу можна назвати швидкість роботи, недоліком є високі вимоги до якості зображення [3].

При використанні методу порівняння візерунку враховуються особливості будови папілярного візерунка на поверхні пальців. Спочатку зображення відбитка пальця розбивається на велику кількість дрібних осередків (рис. 1).



Рис. 1 Розбиття папілярного візерунка на осередки

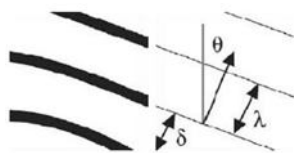


Рис. 2 Хвильове представлення папілярних ліній в осередку

Розташування ліній в кожному з осередків описується параметрами певної синусоїдальної хвилі. Іншими словами, задається початковий зсув фази δ , довжина хвилі λ , а також напрямок поширення хвилі θ (рис. 2).

Перевагою цього методу є невисокі вимоги до якості зображення, а також відносно висока швидкість роботи. Однак через складність, трудомісткості і високих вимог до математичної бази, даний метод не використовується широко [4, 5].

Постановка завдання. Існує необхідність розробити банківську систему доступу до даних, які надаються завдяки ідентифікації користувача за допомогою відбитку пальців. Задача ідентифікації відбитку пальців полягає у максимізації міри схожості зображення, отриманого зі сканера, з еталонним відбитком за ключовим точкам зображення. Ключові точки, мінущі – це унікальні для кожного відбитку ознаки, що визначають пункти зміни структури папілярних ліній (закінчення, роздвоєння, розрив тощо), орієнтацію папілярних ліній і координати в цих пунктах. Кожен відбиток може містити до 70 і більше мінущі [6].

На вході системи маємо множину відбитків пальців $A = \{a_1, \dots, a_r\}$. Шляхом їх перетворення отримуємо множину векторів еталонних відбитків $O = \{o_1, \dots, o_n\}$ з n оригінальних образів відбитків, які складаються з набору ключових m точок для кожного відбитку $o_i = \{kT_{i1}, \dots, kT_{im}\}$. Тут кожний образ відбитку пальця визначається вектором kT_{ij} – набором ключових точок для кожного відбитку. В свою чергу ключова точка складається з координат на площині і кута орієнтації мінущі $kT_{ij} = \{x_{ij}, y_{ij}, \theta_{ij}\}$. Для кожного відбитка генерується свій образ, який представляє еталонний шаблон, що буде використовуватися для порівняння відбитків пальців [7].

Потрібно зіставити еталонний образ з образом поточного відбитка для його ідентифікації. При цьому знаходиться еталонний образ, який краще за всі збігається з поточним, і саме він ідентифікує людину в системі [8]. У такій постановці постає задача оптимізації за критерієм мінімальної відстані між еталоном і поточним образом відбитка. Процес вирішення цього завдання включає наступні етапи: визначення ознак відбитків пальця (мінущі); створення і збереження еталонних відбитків; порівняння еталонного відбитка і поточного відбитка пальця користувача; прийняття рішення по ідентифікацію користувача системи.

Викладення матеріалу та результати. Оскільки задача ідентифікації на відміну від задачі верифікації набагато складніша, по причині того, що необхідно з великої кількості образів відбитків знайти єдиний вірний образ, є сенс звужувати область пошуку, виокремлюючи серед всієї бази образів класи відомих типів відбитків (рис. 3). Класифікація відбитка пальця може бути розглянута як груба відповідність відбитків пальця. Введений відбиток пальця спочатку може бути віднесений на грубому рівні до одного із зазначених типів і потім, на наступному етапі, пошук зводиться до порівняння з підмножиною в базі даних, що відповідає цьому типу відбитка пальця. Існує п'ять класів відбитків: завиток, права петля, ліва петля, дуга і півсфера [9].

Задачу класифікації пропонується вирішити за допомогою методу машинного навчання – градієнтного бустінгу. Процес навчання моделі виконується лише один раз на етапі запуску

системи у використанні, тому застосування методів штучного інтелекту не впливатиме на швидкість опрацювання даних.

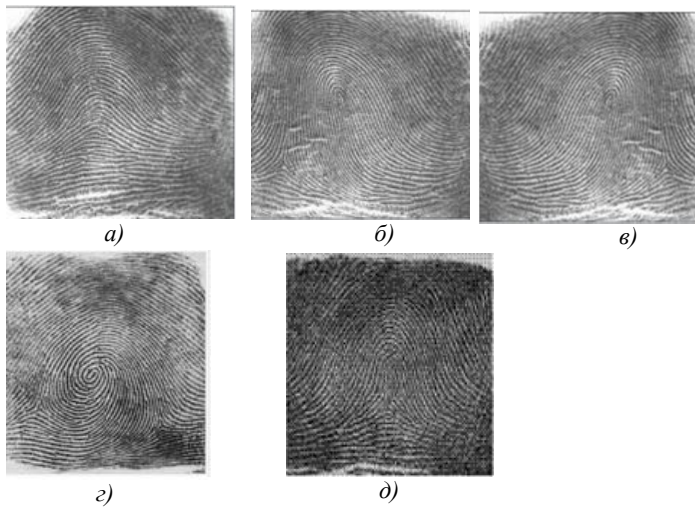


Рис. 3. Основні класи відбитків пальців: *a* – дуга, *б* – права петля, *в* – ліва петля, *г* – завиток і *д* – півсфера

На сьогоднішній день метод градієнтного бустінгу є одним з кращих способів спрямованої побудови композиції [10]. Бустінг – це спосіб побудови композицій з дерев рішень, в рамках якого базові алгоритми будуються послідовно, один за одним і кожен наступний алгоритм будується таким чином, щоб виправляти помилки вже побудованої композиції (1)

$$a_N(x) = \sum_{n=1}^N b_n(x), \quad (1)$$

де $b_n(x)$ – базові алгоритми (дерева рішень) на просторі ознак x .

Існує функція втрат $L(y, z)$, де y – істинна відповідь для кожного об'єкту з вибірки x , z – прогноз алгоритму для того ж об'єкту. У задачах класифікації використовується логістична функція втрат (2)

$$L(y, z) = \log(1 + \exp(-y \cdot z)). \quad (2)$$

Перший базовий алгоритм композиції будується за формулою (3)

$$b_0(x) = \arg \max_{y \in Y} \sum_{i=1}^l [y_i = y]. \quad (3)$$

Він повертає мітку найпоширенішого класу з вибірки.

Навчання алгоритму, що додається до композиції на кожному наступному кроці зводиться до задачі навчання за прецедентами (4)

$$b_N(x) = \arg \min_b \frac{1}{l} \sum_{i=1}^l (b(x_i) - s_i)^2, \quad (4)$$

де $\{(x_i, s_i)\}_{i=1}^l$ – вибірка, на якій виконується навчання, вектор s – вектор здвигов (5).

$$s = -\nabla F = \begin{pmatrix} -L'_z(y_1, a_{N-1}(x_1))_b \\ \dots \\ -L'_z(y_l, a_{N-1}(x_l)) \end{pmatrix}, \quad (5)$$

який має мінімізувати функцію втрат (2) для кожного наступного алгоритму.

Для вирішення поставленого завдання було побудовано композицію з 63 дерев глибиною 3. Ці параметри були підібрані емпірично, виходячи з міркувань розумного співвідношення витрат часу на навчання моделі і прийнятної величини якості класифікатора (рис. 4).

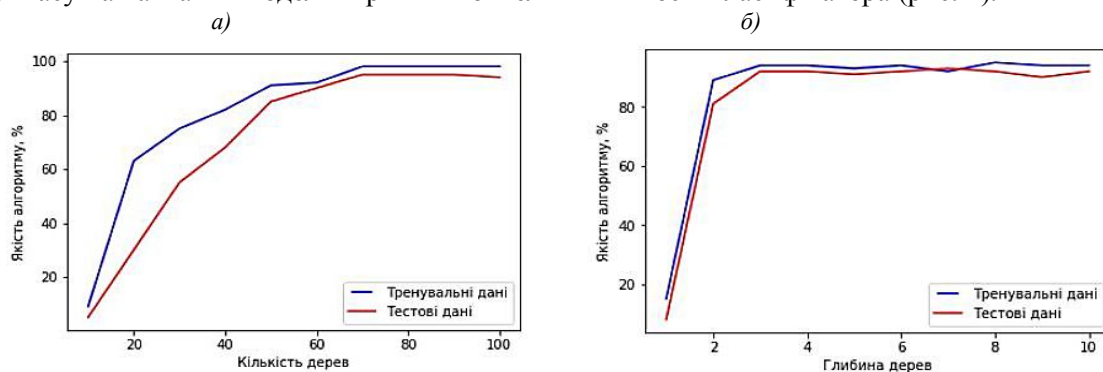


Рис. 4 Графіки залежності якості алгоритму від: *a* – кількості дерев; *б* – глибини дерев

Прийнята в роботу модель дає якість класифікації у розмірі 93,57%, і дозволяє прискорити процес знаходження образу відбитку пальця у вже структурованій за класами множині даних. Алгоритм тестовано на даних з відкритого джерела, дата-сет складається з 1679 зображень відбитків пальців.

Висновки та напрямок подальших досліджень. На сьогоднішній день, коли весь світ поступово переходить на комп'ютеризований рівень у всіх областях, які нас оточують, зберігання цінної інформації за допомогою ПІН-коду або фізичних замків є надто небезпечним методом захистом інформації. Використання біометричної верифікації, як засіб захисту інформації та надання її доступу справжньому власнику являється новим етапом зберігання наших даних. На даний момент, завдяки швидкому розвитку біометричної ідентифікації, існує величезна низка різноманітних методів біометричної верифікації, тому кожен користувач може обрати міру захисту, яка для нього є більш зручнішою та безпечнішою.

Можна зазначити, яким би великим темпом не розвивалися технології, все одно в центрі всього стоїть людина. З кожним роком, відкриваються нові подробиці людського тіла, які ідентифікують нас як унікальну особистість, якій немає рівних серед усіх інших. Біометрична верифікація це ще одне підтвердження того, що кожен із нас є єдиним універсальним ключем власної інформації, підробити який неможливо.

В ході подальших досліджень отримані висновки планується перевірити на інших методологіях біометричної ідентифікації.

Список літератури

1. Biometric identification systems [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=12>.
2. **Moren D.** Surprising Biometric Identification Methods [Електронний ресурс] / Dan Moren. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.popsci.com/seven-surprising-biometric-identification-methods>.
3. **Фам З. Т.** Некоторые вопросы применения методов сравнения отпечатков пальцев для биометрических систем идентификации личности [Електронний ресурс] – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <http://cyberleninka.ru/article/n/nekotorye-voprosy-primeneniya-metodovsravneniya-otpechatkov-paltsev-dlya-biometricheskikh-sistem-identifikatsiiichnosti>.
4. **Дуда З., Харт П.** Распознавание образов и анализ сцен. – М.: Мир, 1976. 5. Патрик Э. Основы теории распознавания образов. – М.: Советское радио, 1980.
5. Анализ методов распознавания отпечатков пальца [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: http://www.nbuu.gov.ua/old_jrn/natural/SOI/2010_6/Rykanov.pdf (дата обращения 20.12.2016).
6. Дактилоскопія [Електронний ресурс] // Вікіпедія – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D1%96%D1%8F>.
7. Biometrics: authentication and identification [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gemalto.com/govt/inspired/biometrics>.
8. **Stroup J.** Biometric Identification and Identity Theft [Електронний ресурс] / Jake Stroup. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.thebalance.com/biometric-identification-and-identity-theft-1947595>.
9. **Nguyen H.** How Fingerprint Sensors Work [Електронний ресурс] / Hubert Nguyen. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ubergizmo.com/articles/fingerprint-scanners-how-they-work/>.
10. **Ясницький Л. Н.** Введения в штучний інтелект. – видання 1-е. – Издательский центр «Академия», 2005. – 176 с.

Рукопис подано до редакції 10.04.2018

УДК 622.232.72:622.271.33

О.О. ВУСИК, аспірант, А.М. ПИЖИК, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ПЕРЕДУМОВИ ТА РЕАЛІЇ ЗАСТОСУВАННЯ ГІРНИЧИХ КОМБАЙНІВ ФРЕЗЕРНОГО ТИПУ НА ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ

Мета. Проаналізувати технологію розробки гірських порід кар'єрними фрезерними комбайнами при відкритій розробці корисних копалин, як протизагугу діючій технології відпрацювання залізородних кругоспадних покладів із застосуванням буро-підривної підготовки порід до виїмання. Дослідити ефективність застосування гірничих фрезерних комбайнів із забезпеченням мінімальних кількісних та якісних втрат корисних копалин.