РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЩИХ ПІДХОДІВ ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ

* 1. **Актуальність задач ідентифікації**

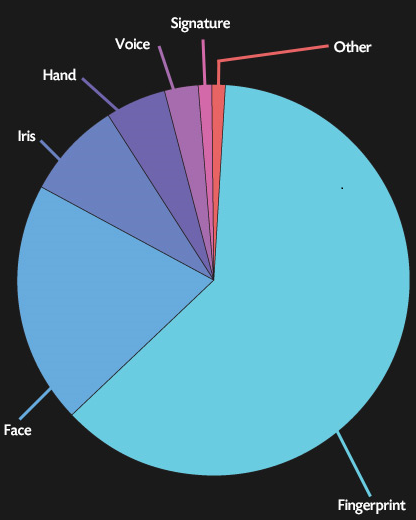
Теми ідентифікації особистості людини обумовлена активною інформатизацією сучасного суспільства та збільшенням потоків конфіденційної інформації. Аналіз сучасних систем контролю доступу свідчить про очевидний рух у бік біометричних методів завдяки їх зручності, надійності та достовірності.

Біометричною характеристикою людини (БХЛ) є її виміряна фізична або персональна поведінкова риса, в процесі порівняння якої з аналогічною БХЛ, зареєстрованою раніше, реалізується процедура розпізнавання. Як основні джерела БХЛ використовуються відбитки пальців та/або долоні, райдужна оболонка та/або сітківка очей, голос, обрис обличчя, манера роботи на клавіатурі комп'ютера, підпис тощо.

Біометричні технології (БТ) містять методи та технічні засоби рішення задач двох суттєво відмінних режимів - ідентифікації та аутентифікації особистості на основі БХЛ.

Для біометричної ідентифікації застосовуються характеристики та риси людини, які поділяють на статичні, пов'язані з її унікальними фізичними характеристиками, та динамічні, пов'язані з особливостями виконання людиною будь-яких дій. До перших належать, наприклад, відбитки пальців, форма долоні та/або розташування вен на зовнішній стороні долоні, сітківка ока, форма обличчя, термограма особи тощо. До других відносяться, наприклад, темп набирання тексту на клавіатурі комп’ютера, рукописний почерк тощо.

Так як БХЛ не можна легко підробити, вкрасти або змінити, вони вважаються більш надійними у контексті їх застосування до ідентифікації особистості людини, на відміну від традиційних підходів, що використовують електронні пластикові картки або секретні комбінації (паролі, PIN-коди тощо). Основними перевагами використання БХЛ є: зручність (наприклад, видача готівки користувачу банкомата без необхідності використання картки та PIN-коду); покращена безпека (наприклад, лише конкретна людина, яка власником даних БЛХ, має доступ до системи); легше відслідковувати, хто і коли отримував доступ до системи; вища ефективність (наприклад, відпадає необхідність зберігання та управління паролями в системі, так як БХЛ практично не змінюються і вони не можуть бути загублені). Визначний успіх технологій розпізнавання у сфері охорони порядку, зменшення вартості пристороїв для зняття відбитків, покращення та здешевлення обчислювальних можливостей, та збільшення кількості злочинів/шахрайств через проблеми ідентифікаційних систем призвели до поширення технологій розпізнавання на основі відбитків пальців у бізнесі, юридичній, урядовій та фінансовій сфері. Додатково до відбитків пальців застосовуються системи ідентифікації на основі райдужної оболонки ока, форми руки, голосу та обличчя. На Рис.1 можна побачити долі різних біометричниї технологій згідно International Biometric Group у 2009 році.



Існує два найпопулярніших способа класифікації застосувань біометричних технологій для ідентифікації: горизонтальний та вертикальний. У горизонтальній класифікації окремі категорії поєднують у собі застосування, які містять конкретні вимоги до системи розпізнавання. Вертикальна класифікація базується на вимогах окремих секторів виробництва або урядових установ. Основними категоріями горизонтальної класифікації є:

* Контроль фізичного доступу: доступ обмеженний до таких установ як АЕС, банківські сховища, роздягальні тощо
* Контроль логічного доступу: доступ до персональних комп’ютерів, серверів та баз даних дозволяється лише для конкретних авторизованих користувачів
* Автентифікація транзакцій: транзакції можуть проводитися між банком та банкоматом, або між банками. Системи розпізнавання відбитків пальців використовуються для забезпечення захищеності транзакції та відстеженнями їх учасників
* Контроль доступу до пристороїв: ноутбуки, мобільні телефони та інші електронні пристрої часто містять персональну та важливу інформацію. Для захисту цих даних використовують автоматичні системи ідентифікації відбитків (АСІВ), за допомогою яких проводиться управління доступом до пристрою.
* Час роботи та відвідуванність: системи, що відслідковують час роботи працівників використовуються на різноманітних підприємствах з метою автоматичного обрахунку заробітньої платні, згідно відробленних працівником годин, збільшення ефективності роботи та запобігання різноманітних шахрайств
* Адміністративна ідентифікація: необхідно забезпечити відсутність дуплікатів серед різноманітних документів (паспорт, водійські права тощо) та уникнути зайвих ідентифікаційних документів
* Криміналістика: відбитки пальців знайдені на місці злочину використовуються для ідентифікації особи, яка причетна до цього злочину

Вертикальна класифікація містить такі категорії:

* Охорона здоров’я
* Фінансова сфера
* Ігрова сфера та туризм (казино, готелі тощо)
* Торгівля
* Освіта
* Виробництво
* Високі технології та телекомунікації
* Транспорт
* Урядові та юредичні сфери
* Військовий сектор
  1. **Існуючі проблеми впровадження та застосування АСІВ**

АСІВ надають гарне поєднання засобів безпеки, приватності та зручності. Хоча кількість провадженних систем такого типу постійно збільшується, поточний рівень їх використання дещо менший ніж можна було б очікувати. В першу чергу, це пов’язано з відсутністю чіткого розуміння можливостей та переваг технологій розпізнавання відбитків. Іншою причиною є те, що часто запровадження АСІВ у бізнесі виявлялося складною задачею (з точки зору інвестиційного аналізу) у зв’язку з наступними причинами:

* Рівні шахрайств і результуючі збитки для великого бізнесу та урядових систем не є добре вивченеми та обрахованими
* АСІВ, які є дуже новими технологіями, часто зустрічаються нереальними вимогами до їх ефективності і не можуть бути справедливо порівнянними з існуючими альтернативами (наприклад, електронні картки та паролі), з незручністю та дороговизною яких бізнес навчився миритися
* Якість наявних технологій розпізнвання відбитків дуже сильно відрізняється від одного постачальника до іншого. Клієнти часто просто не можуть отримати доступ до правдоподібних результатів тестування різних технологій у зв’язку з відсутністю стандартизованих тестових сценаріїв для АСІВ. Тому клієнт сам змушений проводити аналіз існуючих технологій, що потребує додаткових коштів, або сподіватися на достовірність існуючих результатів аналізу

АСІВ, якщо вона належним чином реалізована, надає кращу захищеність, зручність та ефективність ніж будь-які інші можливі засоби ідентифікації. Жодна інша технологія не має можливості гарантувати, що особа, яка автентифікується, фізично присутня у місці автентифікації. Системи на основі розпізнавання відбитків вже замінили паролі та електронні картки у багатьох сферах. У деяких інших – вони використовуються на додачу до паролів та карток. Використання АСІВ значно зменшує рівень шахрайств та крадіжок пов’язаних з автентифікацією та приватними даними.

* 1. **Класичний підхід до класифікації відбитків пальців**

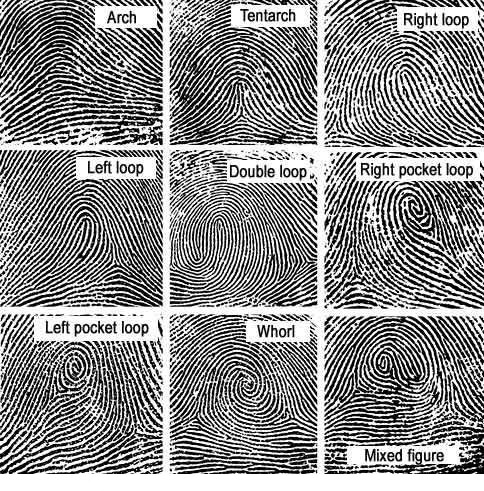
Існує декілька загальноприйнятих систем класифікації відбитків пальців, які базуються на різноманітних шаблонах, що утворюються лініями відбитка. Найпопулярнішими системами класифікації є: Рошера, яка була винайдена та реалізована в Німеччині та також використовується в Японії; Вучетіча, яка була винайдена аргентинським офіцером полції хорватського походження та використовується у Південній Америці; Генрі, що була винайдена англійським криміналістом в Індії та наразі використовується у більшості англомовних країнах світу.

Згідно класифікації Генрі існує три основних типи шаблонів відбитків пальців, на основі яких можуть утворюватись більш складні композиції: петля (loop), завиток (whorl) та арка (arch), які складають 60-65%, 30-35% та 5% усіх відбитків відповідно.

Згадані вище типи шаблонів є глобальними ознаками відбитків пальців, окрім яких існують також локальні ознаки – мінуції, набір яких є унікальним для кожного відбитка. Кожний відбиток може містити до 70 чи більше мінуцій. Практика показує, що відбитки пальців різних людей можуть мати однакові глобальні ознаки, але неможливе існування однакових наборів мінуцій. Тому на другому етапі ідентифікації (після класифікації шаблона відбитка та вибір відповідної бази даних відбитків) використовують локальні ознаки, такі як мінуції.



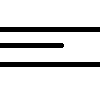
Основні типи шаблонів відбитків пальців: a) Петля; b) Завиток; с) Арка



Ускладнені шаблони на основі трьох базових

Загальноприйнята класифікація мінуцій складається з таких типів:

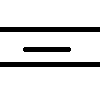
* Закінчення (Ridge ending) – переривання лінії на відбитку



* Роздвоєння (Ridge bifurcation) – роздвоєння лінії



* Острів (Island) – дуже коротка лінія



* Обтікаюча лінія (Ridge enclosure) – лінія, що роздвоюється і незабаром об’єднується в одну



* Шпора (spur) – роздвоєння, при якому від основної лінії відділяється коротка гілка



* Міст (Bridge) – лінія, що з’єднує собою дві інші паралельні лінії



* Дельта (Delta) – зходження ліній у форми літери Y



* Ядро – місце, у якому лінії відбитка утворюють літеру U



* 1. **Формалізація проблеми ідентицікаці відбитків на основі мінуцій**

Нехай вектори **Т** та **І**  репрезентують відбиток пальця у базі даних та відбиток переданий на вхід АСІВ відповідно. Елементами векторів є мінуції. Кожна мінуція може бути описана кількома атрибутами, такими як: розташування на зображенні відбитку, орієнтація, тип (роздвоєння, острів тощо) і т.д.. Більшість основних алгоритмів ідентифікації розглядають кожну мінуцію як вектор з трьох параметрів: , де *x* та *y* задають координати мінуції, а *θ* – кут нахилу.

Де *m* та *n* являють собою кількість мінуцій у векторах **Т** та **І**  відповідно.

Мінуції в **І** та в **Т** вважаються такими, що співпадають, якщо відстань *sd (spatial distance)* між ними менша ніж заданий поріг та різниця *dd (direction difference)*між їх кутами менша за заданий кутовий поріг :

Рівняння (2) бере мінімум через циклічність кутів (різниця між кутами у 2 та 358 градусів лише 4 градуси). Порогові значення та необхідні для компенсації неминучих помилок, які викликані алгоритмами для відокремлення мінуцій та викривленнями зображень відбитків, що призводять до зміщення положень мінуцій.

Коректне співставлення положень двух відбитків є обов’язковим кроком для збільшення кількості мінуцій, що співпадають. Співставлення відбитків робиться шляхом повороту одного з відбитків та зсуву його координат. Також можливі інши перетворення, такі як зміна масштабу у випадку, коли відбитки були зняті сканерами, що генерують зображення з різними розмірностями.

Нехай функція *map* співставляє мінуції з **І** мінуції відповідно до заданого геометричного перетворення (наприклад, шляхом зсуву на відстань та повороту проти годинникової стрілки на кут навколо середньозваженного положення усіх мінуцій відбитку:

Нехай *mm –* функція індикатор, яка повертає 1 у випадку, коли мінуція та співпадають у термінах рівнянь (1) та (2):

Тоді проблема співставлення двох відбитків може бути сформульована як:

Де *Р(і)* невідома функція, що визначає парування мінуцій **І** та **Т**. Зокрема, кожна мінуція має або лише одну відповідну мінуцію на іншому відбитку, або не має парних мінуцій взагалі:

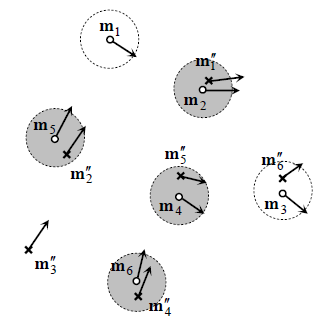
1. *Р(і) = j* означає, що мінуція в **Т** відповідає мінуції в **І**.
2. *Р(і)* = *null* означає, що мінуція в **Т** не має відповідної мінуції в **І**.
3. Мінуція в  **І** не має парної мінуції в **Т**, якщо
4. . Це означає, що кожна мінуція в **І** асоційована з максимум одною мінуцією з **Т**, тобто *Р* бієктивне відображення.

Рівняння (3) вказує на те, що кількіть спарених мінуцій повинна бути максимізовано не зважаючи на те, як близько одне від одного вони знаходяться. Іншими словами, якщо дві мінуції задовільняють рівняння (1) та (2), тоді їхній вклад в рівняння (3) не повинен залежити від відстані на якій вони знаходяться та різниці між кутами нахилу.

Вирішення оптимізаційної задачі (3) є тривіальної задачею у випадку, коли правельні параметри геометричного перетворення (відомі. У цьому разі фунцію *Р* можна визначити як:

* *P(i) = j,* якщонайближче до серед усіх мінуцій
* *P(i) = null,* якщо

На малюнку надано графічне зображення співставлення мінуцій. Мінуції **І** співставляються мінуціям **Т.** Мінуції **Т** позначені буквами без штрихів, мінуції **І -** з двума штрихами. Мінуціїї позначаються двума штрихами, так як вони є переносом оригінальних мінуцій **І** у координати **Т** за допомогою геометричного перетворення. Пунктирні кола відображають радіус порогу співставлення мінуцій, сірі круги – мінуціїї, які були успішно співставлені.



На відміну від ручного співставлення відбитків пальців, яке проводиться експертами з криміналістики, при якому кількість співставлених мінуцій сама по собі є результатом порівняння, автоматичні системи ідентифікації повинні самі проводити конвертацію кількості спарених мінуцій у абсолютну оцінку ідентичності відбитків. Це часто досягажться просто нормалізацією кількості спарених мінуцій (позначимо як *k*) середньою кількістю мінуцій в векторах **Т** та **І:**

Тим не менш більш складніші схеми можуть бути використані у випадках зображень з поганою якістю і обмеженною областю перекриття (область, яка присутня і на першому і на другому зображенні відбитка) для того, щоб обчислити більш правдиву оцінку ідентичності:

* Кожній мінуції може бути надана вага, яка залежить від якості зображення у регіоні навколо мінуції, яка може бути використана для надання оцінки надійності окремих спарень мінуцій. При обчисленні оцінки ідентичності більш надійні спарення повинні вносити у загальний результат більшу частку.
* Рівняння (4) для обрахунку оцінки може давати дуже спотворенний результат у випадках, коли область перекриття відбитків замала. У таких випадках необхідно використовувати інші, більш складні алгоритми оцінювання