

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка інформаційної системи для збору та аналізу сигналів  
біометричної ідентифікації на прикладі відбитків пальців

Виконав: студент VI курсу, групи СНм-61  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки  
(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Пясецький В.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Литвиненко Я.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мацюк О.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Боднарчук І.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки  
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Пясецькому Володимирі Богдановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка інформаційної системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації на прикладі відбитків пальців

Керівник роботи Литвиненко Ярослав Володимирович, д.т.н., професор кафедри КН  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_ 2021р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про інформаційно-технологічні платформа для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації на прикладі відбитків пальців

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1 Аналіз предметної області. 2 Проектування інформаційної системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації на прикладі відбитків пальців.

3 Обчислювальний експеримент та опис інтерфейсу інформаційної системи

4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1 Титульна сторінка. 2 Тема, Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Завдання дослідження.

4 Актуальність дослідження. 5 Біометрія. 6 Ключові етапи розвитку методів отримання відбитків пальців. 7 Особливості відбитків пальців. 8 Метод опрацювання відбитків ACE-V.

9 Напівавтоматизована процедура аналізу відбитків. 10 Автоматизована система ідентифікації відбитків пальців. 11 Проектована система біометричної ідентифікації

відбитків пальців. 12 Види триангуляції. 13 Параметри трикутника та розподіл значень ознак.

14. Параметри використаних розподілених БД. 15. Значення PR та MR для різних k та λ для застосованого методу індексування на FVC2002 та FVC2004. 16 Висновки. 17 Завершальний

слайд.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Дмитроца Л.П., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стадник І.П., професор		

7. Дата видачі завдання 21 вересня 2020 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	21.10.2020-28.20.2020	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про інформаційні системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації відбитків пальців	29.10.2020-21.11.2020	Виконано
3.	Переклад та опрацювання наукових джерел про інформаційної системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації відбитків пальців	22.11.2020-21.12.2020	Виконано
4.	Виконання дослідження щодо розроблення інформаційної системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації на прикладі відбитків пальців	22.12.2020-10.01.2021	Виконано
5.	Оформлення розділу «Аналіз предметної області»	11.01.2021-21.02.2021	Виконано
6.	Оформлення розділу «Аналіз Методів, систем та проектування системи біометричної ідентифікації відбитків пальців»	22.02.2021-01.03.2021	Виконано
7.	Оформлення розділу «Обчислювальний експеримент»	02.03.2021-11.03.2021	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	12.03.2021-20.03.2021	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	21.03.201-28.03.2021	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	29.03.201-29.04.2021	Виконано
11.	Нормоконтроль	30.04.2021-06.05.2021	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	07.05.2021	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	10.05.2021	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	25.05.2021	

Студент

---

  
(підпис)

Пясецький В.Б.

---

  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

---

  
(підпис)

Литвиненко Я.В.

---

  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Розробка інформаційної системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації на прикладі відбитків пальців // Дипломна робота освітнього рівня «Магістр» // Пясецький Володимир Богданович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2021 // С. 63, рис. – 14, табл. – 17, кресл. – 17, додат. – 2, бібліогр. – 50.

Ключові слова: біометрія, відбиток, ідентифікація, інформаційна система, метод, опрацювання, палець.

Дипломна робота присвячена розробці інформаційної системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації на прикладі відбитків пальців. В першому розділі дипломної роботи описані біометричні засоби. Висвітлено інформаційні системи для біометричної аутентифікації користувачів на основі відбитків пальців. Розглянуто методи опрацювання відбитків пальців. Проаналізовано публікацій в предметній області. В другому розділі дипломної роботи методи автоматизації процесів ідентифікації відбитків пальців. Досліджено методи індексування відбитків пальців. Подано порівняльний опис системи ідентифікації відбитків пальців.

В третьому розділі дипломної роботи описано програмне забезпечення інформаційної системи. наведена архітектура розробленої інформаційної системи. Проаналізовано методи індексування з широкоширим розподілом цінності. Проведено обчислювальний експеримент. Об'єкт дослідження: процеси збирання та опрацювання біометричних сутностей на прикладі відбитків пальців. Предмет дослідження: методи збирання та аналітичного опрацювання біометричних сутностей на прикладі відбитків пальців.

## ANNOTATION

Information system development for biometric identification signals collection and analysis (fingerprints as a case study) // Thesis of educational level "Master" // Pyasetsky Vladimir Bogdanovich // Ternopil National Technical University named after Ivan Pulyuy, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, SNnm-61 group // Ternopil, 2021 // P. 63, fig. - 14, tables - 17, chair. - 17, annexes - 2, references. - 50.

Key words: biometrics, imprint, identification,, information system, method, processing, finger.

This thesis is devoted to the development of an information system for the collection and analysis of biometric identification signals on the example of fingerprints. The first section of the thesis describes biometric tools. Information systems for biometric authentication of users based on fingerprints are highlighted. Methods of fingerprint processing are considered. Publications in the subject area are analyzed. In the second section of the thesis methods of automation of fingerprint identification processes. Methods of indexing fingerprints are investigated. A comparative description of the fingerprint identification system is given.

The third section of the thesis describes the software of the information system. the architecture of the developed information system is given. Indexing methods with a wide distribution of value are analyzed. A computational experiment was performed. Object of research: processes of collecting and processing biometric entities on the example of fingerprints. Subject of research: methods of collection and analytical processing of biometric entities on the example of fingerprints.

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

AFIS (англ. Automated Fingerprint Identification) – автоматизована система ідентифікації відбитків пальців.

FNIR (англ. False Negative Identification Rate) – коефіцієнт помилково-негативної ідентифікації.

FPIR (англ. False Positive Identification Rate) – коефіцієнт помилково-позитивної ідентифікації.

NIST (англ. National Institute of Standards and Technology) – Національний інститут стандартів і технологій (США).

RUVIS (англ. Reflective Ultra Violet Imaging Systems) – системи на основі відбитого ультрафіолету.

ДНАОП – державні нормативні акти про охорону праці.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ .....	10
1.1 Біометричні засоби .....	10
1.2 Інформаційні системи для біометричної аутентифікації користувачів на основі відбитків пальців .....	11
1.3 Методи опрацювання відбитків пальців .....	13
1.3.1 Методи отримання відбитків пальців з пористих поверхонь .....	14
1.3.2 Методи отримання відбитків пальців з пористих поверхонь .....	14
1.4 Аналіз публікацій в предметній області .....	15
1.5 Висновок до першого розділу .....	17
2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ, СИСТЕМ ТА ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ .....	18
2.1 Методи автоматизації процесів ідентифікації відбитків пальців .....	18
2.1.1 Сегментація відбитків пальців .....	18
2.1.2 Оцінка та покращення якості відбитків пальців .....	21
2.1.3 Структурні елементи відбитків пальців .....	24
2.1.4 Збіг відбитків пальців .....	28
2.2 Методи індексування відбитків пальців .....	30
2.3 Системи ідентифікації відбитків пальців .....	32
2.3.1 Ручний аналіз відбитків пальців .....	32
2.3.2 Напівавтоматизований аналіз відбитків пальців .....	33
2.3.3 Автоматизована система ідентифікації відбитків пальців .....	34
2.4 Висновок до другого розділу .....	35
3 ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ .....	36
3.1 Програмне забезпечення інформаційної системи .....	36
3.2 Архітектура розробленої інформаційної системи .....	36
3.3 Методи індексування з широкоширим розподілом цінності .....	37

	7
3.3.1 Триангуляція Делауні .....	37
3.3.2 Розширена триангуляція Делауні .....	40
3.3.3 Покоління індексної цілісності.....	40
3.4 Обчислювальний експеримент .....	44
3.4.1 Підготовка експерименту .....	44
3.4.2 Бази даних відбитків пальців .....	45
3.4.3 Метрики виконання .....	46
3.4.4 Аналіз виконання експерименту .....	47
3.4.5 Обчислювальна складність .....	50
3.5 Висновок до третього розділу .....	50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....	51
4.1 Небезпечні й шкідливі фактори при виконанні робіт за комп'ютером .....	51
4.2 Створення і функціонування системи моніторингу довкілля з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території .....	54
ВИСНОВКИ.....	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ .....	58
ДОДАТКИ	



## ВСТУП

**Актуальність теми.** У міру вдосконалення технологій зняття, сканування та одержання відбитків також з'являються нові інформаційні технології обробки відбитків пальців на основі безконтактних. Комерційні продукти для автоматичної системи ідентифікації відбитків пальців переважно є предметом інтелектуальної власності. На алгоритмічному рівні доступно дуже мало інформації для повного розуміння обчислень та алгоритмів, що використовуються такими системами. Тому розроблення інформаційної системи біометричної ідентифікації на основі відбитків пальців із використанням сучасних інформаційних технологій аналітичного опрацювання є актуальним напрямком сучасних наукових досліджень.

**Мета і задачі дослідження.** Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є підвищення рівня повноти подання інформації щодо біометричної ідентифікації на основі відбитків пальців. Для досягнення поставленої мети було потрібно виконати наступні завдання:

- Проаналізувати стан досліджень в даній предметній області.
- Дослідити існуючі на даний час методи автоматизації процесів ідентифікації відбитків пальців.
- Проаналізувати методи індексування відбитків пальців.
- Виконати порівняння існуючих системи ідентифікації відбитків пальців.
- Розробити архітектуру інформаційної системи для біометричної ідентифікації на основі відбитків пальців.

**Об'єкт дослідження** процеси збирання та опрацювання біометричних сутностей на прикладі відбитків пальців.

**Предмет дослідження.** методи збирання та аналітичного опрацювання біометричних сутностей на прикладі відбитків пальців.

**Наукова новизна одержаних результатів** кваліфікаційної роботи полягає у тому, що отримав подальший розвиток метод біометричної ідентифікації на основі відбитків пальців.

**Практичне значення одержаних результатів.** Виконано макетування та прототипування інформаційної системи біометричної ідентифікації на основі відбитків пальців.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Основні результати проведених досліджень обговорювались на IV міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2021 р.).

**Публікації.** Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (Див. додатки А).

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 50 найменувань та 2 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 63 сторінки, з них 45 сторінки основного тексту, який містить 14 рисунків та 17 таблиць.

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Біометричні засоби

У сучасному світі біометричні засоби набули незамінного значення для точної ідентифікації та автентифікації громадян. Термін «біометричний» означає вимірювання біологічних характеристик окремого індивідуума, його фізіологічних та поведінкових характеристик, зокрема відбитків пальців, геометричних параметрів долоні та руки, сканування обличчя, запис голосу, фото та відео зображення райдужної оболонки, параметризація ходи, фіксація динамічних характеристик натискання клавіш, підпису тощо (див. рисунок 1.1) [1].

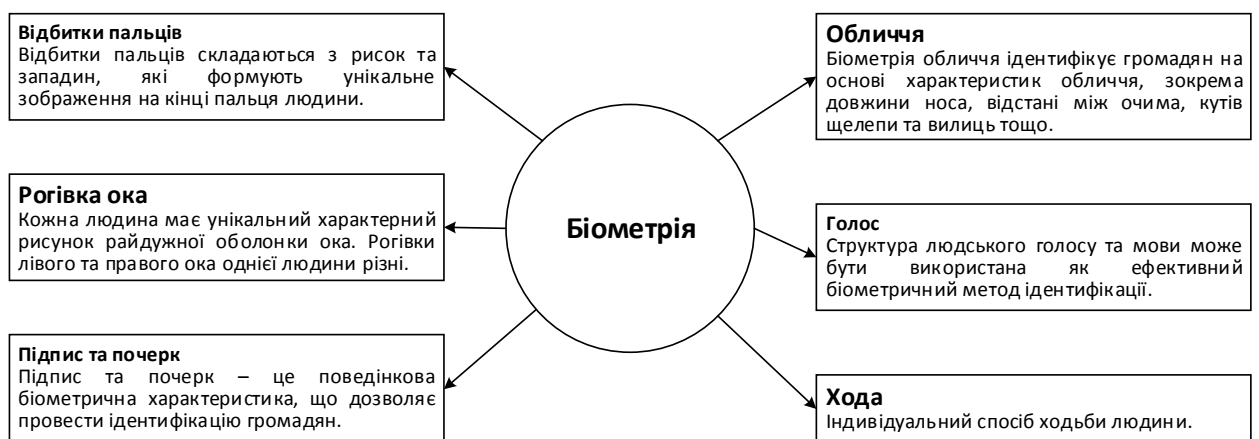


Рисунок 1.1 – Біометрія

Впродовж останнього часу відбувається колосальний прогрес галузі біометричних технологій. Вони активно інтегруються з обширним переліком програмно-алгоритмічних застосунків, комплексів та інформаційних систем. Полегшуючи при цьому різноманітні операції та транзакції з метою підвищення безпеки та зручності повсякденного життя. На даний час біометричні технології використовуються для систем безпеки аеропортів та організацій, системах контролю відвідування громадян, що функціонують в

режимі реального часу, криміналістиці та правоохоронних органах, приватному та комерційному секторі, мобільної біометрії, фізичного контролю доступу та системах спостереження [2].

## **1.2 Інформаційні системи для біометричної аутентифікації користувачів на основі відбитків пальців**

Аутентифікація користувачів є одним з ключових елементів різнотипових програмно-алгоритмічних комплексів та застосунків. Класичні методи автентифікації користувачів, зазвичай, сформовані на основі секретної інформації, зокрема паролів, секретних маркерів на кшталт ID-картки. На даний час набули поширення методи біометричної автентифікації на основі відбитків пальців, райдужної оболонки ока та обличчя, котрі використовуються для заміни або посилення традиційних методів автентифікації. Одною з найпоширеніших на даний час біометричних ознак для аутентифікації громадян є відбиток пальця, яка є достатньо інформативною для однозначного розпізнавання людини.

Аутентифікацію користувачів на основі відбитків пальців можна умовно розділити на два класи на типи: перевірка та ідентифікація. Для ініціалізації процесу користувачеві потрібно надати відомості щодо його особи та відбитку пальця. На наступному етапі інформаційна система здійснює перевірку відповідності наданого відбитку та збереженого еталонного відбитку – ідентифікатора користувача. В процесі ідентифікації користувач надає вхідний відбиток пальця без персональних відомостей. Потім інформаційна система перевіряє відповідність наданого відбитку пальця з усіма збереженими в базі даних відбитками пальців, намагаючись при цьому знайти відповідність. При цьому критично-важливим параметром є зменшення розмірів відбитків претендентів для тесту відповідності із вхідним відбитком, заданим для біометричної ідентифікації.

Відбиток пальця складається з рельєфного рисунка шкіри, унікального для кожної людини [3]. На даний час це одна з найвизначніших та найбільш загально визнаних біометричних ознак людини. Вона активно використовується для біометричної ідентифікації громадян та перевірки особи завдяки високим показникам:

- унікальності;
- постійності;
- універсальності;
- колекційно-придатності;
- придатності до зберігання;
- продуктивності при опрацюванні [4].

Завдяки активному розвитку інформаційних технологій відбуваються розроблення різнотипових автоматизованих систем ідентифікації відбитків пальців (AFIS). Системи AFIS набули широкого поширення та впровадження з метою прискорення процесів біометричної ідентифікації людей. У додатку Б подано порівняльну таблицю до та після поави систем AFIS [5].

Традиційно автоматичні системи ідентифікації відбитків пальців містять дві базові функції пошуку – це пошук за десятьма відбитками та прихований пошук. Завдяки розвитку інформаційних-технологій процес біометричної ідентифікації в системах AFIS на основі десяти відбитків на даний час повністю автоматизований та характеризується покращеним характеристикам точності та обчислювальної ефективності, що призвело до їх широкого поширення в державних службах та правоохоронних органах. Згідно з періодичними оцінками, проведеними NIST, коефіцієнт FNIR – 1,9%, а коефіцієнт FPIR – 0,1% для відбитків отриманих шляхом прокатування та сканування [6]. Проте, згідно з дослідженнями NIST при опрацюванні відбитків пальців, коефіцієнт ефективної ідентифікації Rank-1 становить 67,3% при пошуку понад 1000 відбитків серед множини сформованої з понад 100 000 контрольних зображень [7]. У порівнянні з

біометричною ідентифікацією на основі десяти відбитків пальців, для визначення та узгодження ключових ознак відбитків пальців потрібно залучення відповідних експертів, оскільки на даний час не розроблено достатньо ефективних та надійних методів оперативного аналітичного опрацювання.

### 1.3 Методи опрацювання відбитків пальців

Існує два типи поверхонь з яких отримуються відбитки пальців – непористі та пористі. Етапи розвитку методів отримання відбитків пальців на непористих і пористих поверхнях подано на рисунку 1.2 [8].

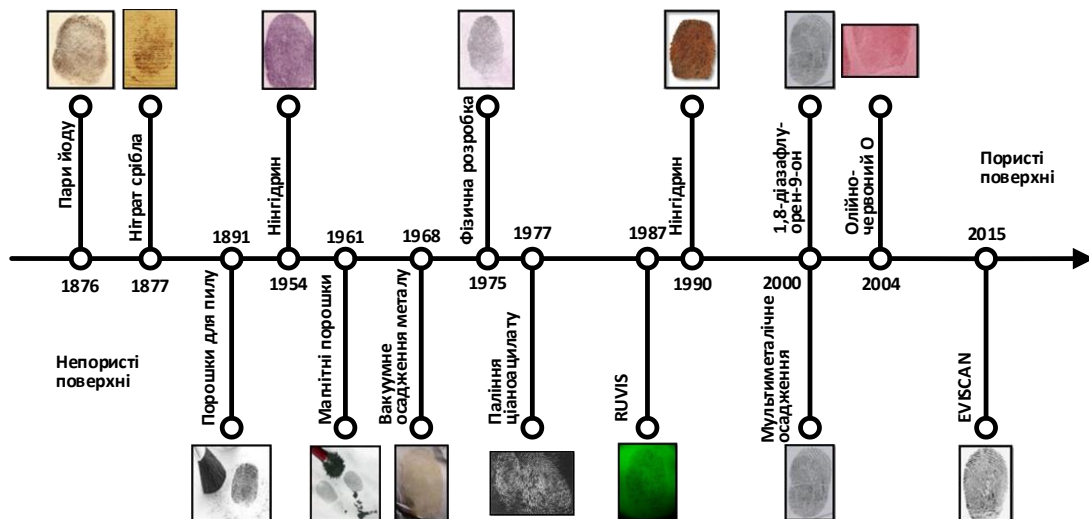


Рисунок 1.2 – Ключові етапи розвитку методів отримання відбитків пальців на непористих і пористих поверхнях [8].

Метою аналітичного опрацювання відбитків пальців є розроблення ефективних алгоритмів покращення якості отриманих зображень. Для аналітичного опрацювання відбитків пальців доступний обширний перелік численних методів. Вибір доступних методів залежить від способу отримання зображень відбитків пальців та природи поверхні, з якої отримано відбиток [9].

### **1.3.1 Методи отримання відбитків пальців з пористих поверхонь**

Непористі поверхні – це поверхні, стійкі до проходження повітря або рідини, зокрема скло, пластмаси, метали, лакована деревина. В результаті, відбиток пальця знаходиться на самій непористій поверхні. Методи зняття відбитків пальців класифікуються на порошковий, хімічний та оптичний. Для візуалізації відбитків пальців доступні різні типи порошоків, зокрема білий, срібний або сірий, біхроматичний, чорний, флуоресцентний, магнітний [10]. Вакуумне осадження металів [11], ціаноакрилатне випаровування та багатометалеве осадження [9] – популярні хімічні методи виявлення відбитків пальців. Існують менш руйнівні безконтактні методи виявлення, зокрема відбита ультрафіолетова система візуалізації RUVIS та система EVISCAN для пошуку відбитків пальців шляхом використання оптичних властивостей [9].

### **1.3.2 Методи отримання відбитків пальців з пористих поверхонь**

Пористі поверхні – це поверхні, на яких відбиток поглинається матеріалом. Техніка нанесення дрібнодисперсного пилу з використанням порошоків не надто придатна та ефективна для пористих поверхонь, зокрема тканини, дерева, паперу тощо. На даний час доступні різні типи спеціалізованих хімічних методів з використанням реагентів на основі нітрату срібла, хімічної обробки нінгідрином, реагентів з фізичним проявом, мультиосадження металів (MMD), DFO (1,8Diazfluoren-9-One) та Oil Red O (ORO) [12] використовуються слідчими для виявлення та зняття відбитків на пористих поверхнях.

Після зняття відбитків за допомогою відповідного методу вони фотографуються або скануються для подальшого опрацювання з метою виконання процесу ідентифікації.

#### 1.4 Аналіз публікацій в предметній області

Багато методів індексації відбитків пальців подано в сучасній науковій літературі [13]. Ці дослідження класифікуються на підходи на основі текстур та підходи на основі деталей. У підходах, що базуються на текстурах, використовуються загальнодоступні деталі, зокрема карта частоти хребта, типи рисунків хребта, орієнтація хребта, течія хребта та особливі точки (серцевина та дельта). Глобальне видобування деталей вимагає великих обчислювальних витрат і суттєво впливає на якість зображення відбитків пальців [14].

Для подолання недоліків підходів на основі текстур було запропоновано багато схем індексації відбитків пальців на основі деталей, зокрема схеми на основі пар, на основі триплетів, на основі квадруплетів та  $k$ -plet. Схеми на основі пар Minutiae вимагають менше пам'яті та обчислювальних затрат порівняно із схемами на основі трикутників. Однак схеми, засновані на деталях, мають низьку точність. Четвірка Minutiae – це структура, утворена чотирма точками деталей. Ця структура має такі особливості: стійкі до спотворень, але вразливі до дрібниць, відсутніх порівняно з дрібницями-трійнями. Отже, для підвищення продуктивності застосовуються додаткові функції, зокрема кластеризація  $k$ -засобів, повинна використовуватися в схемах, що базуються на квадруплетах. Це спричиняє зростання складності обчислень [15]. Представлення деталей на основі  $k$ -plet було вперше запропоновано в [16]. Воно складається з  $k$ -plet та всіх інших деталей у межах його фіксованого радіуса. Однак схема  $k$ -plet нестійка до шуму, оскільки функції базуються на орієнтації деталей [17].

Жермен та ін. [18] вперше представив метод індексації на основі трикутників, що базується на дрібних трикутниках. Трикутник створюється для будь-якої можливої комбінації трьох деталей, а індексний ключ для трикутника генерується з використанням кількості хребтів над сторонами



трикутника, довжин сторін та внутрішніх кутів трикутника. Бхайу [19], Чо [20], та Бисвас [21] запропонували методи індексації на основі методу індексації Germain. Вони використовували різні ознаки, зокрема передачу трикутника, внутрішні кути, максимальну довжину сторін, співвідношення сторін та напрямки деталей. У роботі [20] автори додатково використовували географічні взаємозв'язки для зменшення помилок узгодження триплетів. Геометричні співвідношення дають змогу розрізнити навіть однакові трикутники різних відбитків пальців, використовуючи інформацію щодо оточення трикутників. Бісвас [21] використовував інформацію про кривизну як додаткову інформацію для зменшення кількості потенційних кандидатів на збіг відбитків пальців. Однак усі вищезазначені методи індексації все ще повинні враховувати трикутники  $O(n^3)$  у процесі індексації, і тому неефективні.

Деякі методи індексації використовують триангуляцію Делануї для вибору одного трикутника замість усіх трикутників. Бебісом [22] використана триангуляція Делануї, яка мінімізує максимальний внутрішній кут кожного трикутника. Триангуляція Делануї генерує лише триплети  $O(n)$  деталей під час індексації. Отже, вона може бути ефективнішою, ніж методи, що використовують трикутники  $O(n^3)$ .

Важливим питанням триангуляції Делануї є те, що спотворення відбитків пальців може сильно змінити триангуляцію локально. Лянг [23], Муньйос-Брісено [24] та Гаго-Алонзо [25] запропонували розширену триангуляцію Делануї для усунення спотворень. Розширена триангуляція Делануї додатково враховує трикутний корпус. Це підвищує стійкість алгоритму до спотворень. Автори [23] використовують біфуркацію ознак деталей та  $k$ -порядок трикутника Делануї для формування захищеного шаблону. Однак автор [23] генерує невелику кількість трикутників, і тому містить занадто мало інформації про відбитки пальців, що зменшують точність. Методи індексування Муньйос-Брісено та Гаго-Алонзо

використовують підрахунок хребтів, щоб сформувати вектор ознак. Однак хребет легко змінити за рахунок спотворення відбитків пальців або внаслідок низької якості зображень відбитків пальців.

Каваті [26] запропонував ієрархічну структуру індексації з використанням розширеної триангуляції Делануї. Ієрархічна структура складається з грубих ознак із використанням типізації дрібниць та детальних ознак із використанням характеристик трикутника. Багато попередніх схем індексування використовували хеш-функції для розділення простору індексу на клітинки. Однак звичайні хеш-функції не гарантують, що подібні відбитки пальців розміщуються в одній комірці. Каваті та ін. розділив індексний простір на комірки за географічними ознаками. Схема Каваті ефективніше знаходить відбитки пальців, подібні до вхідних. Однак головним недоліком Каваті є те, що підхід полягає у використанні менше 10% загального простору індексації. Ця проблема виникає через те, що сума трикутних внутрішніх кутів дорівнює  $180^\circ$ , тому максимальний кут не може бути меншим за  $60^\circ$ , і зрештою внутрішні кути співвідносяться між собою. Це призводить до збільшення швидкості проникнення (PR). Для усунення зазначених недоліків запропоновано нові грубі функції, які дозволяють більш рівномірно розподілити значення індексації та знизити MR так само як PR.

### **1.5 Висновок до першого розділу**

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» описано етапи, необхідні для підготовки відбитка пальця перед подачею в якості AFIS разом із різними методами розробки відбитків пальців для пористих і непористих поверхонь. Подано розлогий опис обширного переліку проаналізованих публікацій.

## **2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ, СИСТЕМ ТА ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ**

### **2.1 Методи автоматизації процесів ідентифікації відбитків пальців**

Перед початком проєктування інформаційної системи біометричної ідентифікації відбитків пальців потрібно проаналізувати методи, що використовуються для різних процесів автоматичної ідентифікації відбитків пальців.

#### **2.1.1 Сегментація відбитків пальців**

Відбитки пальців часто можуть бути виявлені на різних поверхнях, що відрізняються за фактурою та рисунком. Процес виокремлення частини відбитка пальця від усього захопленого зображення називається сегментація. Точна сегментація відбитків пальців безпосередньо впливає на процес виявлення ознак, оскільки неправильна сегментація призведе до виявлення помилкових відбитків пальців. В таблиці 2.1 подано техніки та алгоритми, що використовуються для виокремлення перекритих відбитків пальців.

Таблиця 2.1 – Техніки та алгоритми, що використовуються для виокремлення перекритих відбитків пальців.

<b>Техніки та алгоритми</b>	<b>База даних</b>	<b>Опис</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Техніка релаксаційного маркування.	Імітоване використання FVC2002 DB1_V.	Потребує вдосконалення, якщо область, що перекривається, містить особливі точки.

## Продовження таблиці 2.1

1	2	3
Алгоритм обмеженого релаксаційного маркування.	Імітоване використання FVC2002 DB1 В.	Крива робочих характеристик приймача (ROC) вказує на покращену продуктивність і швидкість.
Базовий алгоритм, заснований на алгоритмі обмеженого розслаблення.	Імітоване використання FVC2002 DB1 В. Створено власну базу даних перекритих відбитків пальців, отриманих з допомогою порошкового методу.	Потрібне поліпшення розділення, коли область, що перекривається, містить особливі точки. Ручне маркування регіонних масок.

Це один із складних етапів AFIS, оскільки інформація про відбитки пальців, що знаходяться на передньому плані в більшості випадків переплітається із фоновими деталями. Лю [27] запропонував метод сегментації, що використовує складне завдання для точного визначення змішаної орієнтації поля, консистенції орієнтації (місцева характеристика) та щільності хребта.

Для подолання цього недоліку застосовується відбиток пальця на основі моделі (глобальна характеристика). Нгуен [28] запропонував методи розділення накладених відбитків пальців та метод сегментування відбитка пальця SegFinNet. Техас [29] запропонував автоматичний підхід до маскування регіону для виокремлення накладених відбитків пальців. Автори використовували основні операції обробки зображень з метою розмиття та зміни порогового значення для отримання перекритих та неперекритих областей. В таблиці 2.2 подано моделі, що використовуються для виокремлення перекритих відбитків пальців.

Таблиця 2.2 – Моделі, що використовуються для виокремлення перекритих відбитків пальців.

Модель	База даних	Опис
Змодельовані поля орієнтації відбитків пальців для реконструкції.	Імітується за допомогою FVC2002 DB1 В та NIST SD27. Чотири зображення реальних латентів.	Порівняно швидша. Ручне позначення регіону інтересу, особливих точок та орієнтаційних ознак.
Адаптивна модель орієнтації. Початкові орієнтації отримана за допомогою 16 фільтрів Габора.	База даних прихованих відбитків пальців, що перекривається Цінхуа.	Крива ROC вказує на покращені показники.

Стоянович [30] запропонував метод розділення на основі нейронних мереж відбитків пальців, що перекриваються, за допомогою локального аналізу Фур'є та нейронних мереж. При цьому для поліпшення поля орієнтації відбитків пальців компонента використовується модель покращення поля глобальної орієнтації. В таблиці 2.3 подано аналітичні методи, що використовуються для виокремлення перекритих відбитках пальців.

Таблиця 2.3 – Аналітичні методи, що використовуються для виокремлення перекритих відбитків пальців.

Аналітичний метод	База даних	Опис
1	2	3
Перекриті відбитки пальців ідентифікуються за допомогою адаптивної нейро-системи нечіт-	FVC 2006 DB1-A FVC 2006 DB2-A	Рівень відокремлення: 91,2%, Рівень класифікації: 86,7%,

## Продовження таблиці 2.3

1	2	3
кого виведення та роз'єднуються за допомогою поля орієнтації.	NIST SD27 SLF	Точність: 91%
Область інтересу визначається за допомогою основних операцій обробки зображень розмиття, ерозії та розширення.	FVC 2004 FVC 2006	Наочно продемонстровано ефективність підходу.
Змішані орієнтаційні поля в області, що перекриваються, розділяються за допомогою нейронної мережі.	База даних прихованих відбитків пальців, що перекривається Цінхуа	Швидкість ідентифікації для різних коефіцієнтів перекриття: Мала – 0,9427, Середня – 0,9126, Велика - 0,9351.

Виконана на даний час дослідницька робота з виявлення відбитків пальців, що перекриваються, вимагає ручного маркування потрібного регіону. Це дозволяє зробити висновок, що повністю автоматизований метод розділення перекритих відбитків пальців не розроблений.

### 2.1.2 Оцінка та покращення якості відбитків пальців

Оцінка та підвищення якості є важливим кроком перед визначенням деталей. Оцінка якості – це процес оцінки якості відбитка пальця шляхом оцінки відбитка після сегментації та забезпечення належної якості з метою,

мінімізації обсягів інформації, котрі необхідні для відповідного збігу. Оцінка якості сканованого в реальному часі прокатаного або звичайного відбитка пальця зазвичай проводиться на рівні давача перед реєстрацією відсканованого зображення відбитка пальця в базі даних. В таблиці 2.4 подано алгоритми покращення відбитків пальців.

Таблиця 2.4 – Алгоритми покращення відбитків пальців

Алгоритм	База даних	Опис
Алгоритм оцінки поля орієнтації з використанням грубої орієнтації.	NIST SD27	Покращена точність узгодження хороших, поганих та потворних прихованих відбитків.
Короткочасні перетворення Фур'є R-RANSAC-фільтрація Габора.	NIST SD27	Працює краще ніж ілюстровані криві. по кумулятивній кривій відповідності (СМС).

Оцінка якості відбитків пальців також є критично важливою, оскільки, як правило, вони низької якості і, отже, можуть не містити достатньої інформації для збігу. На етапі оцінки якості перевіряючий призначає VID-маркер – значення для індивідуалізації, VEO-маркер – значення лише для виключення або NV-маркер – значення без значення, невідомому відбитку [31]. Сю [32] запропонував двоступеневу багатомасштабну розріджену репрезентацію для покращення якості зображення хребта та виділення деталей. Побудовано два словники: gabor-словник та дрібниці. Хребти покращуються за допомогою gabor-словників.

Счух [33] запропонував згорткову нейронну мережу на основі регресії, яка навчена оцінювати поле орієнтації та повідомляти, що регресія дає точніші результати порівняно з класифікацією. Однак результати не перевіряються на відбитках пальців. В таблиці 2.5 подано словникові методи покращення відбитків пальців.

Таблиця 2.4 – Словникові методи покращення відбитків пальців

Словниковий метод	База даних	Опис
Глобальний словник опорних орієнтирів.	NIST SD27	Середня похибка оцінки: 18,44 <sup>0</sup> .
Оцінка поля орієнтації на основі локалізованих словників.	NIST SD27	Середня похибка оцінки: 14,35 <sup>0</sup> .
Регіональний словник перекриваючих орієнтаційних латок.	NIST SD27	Оцінка відповідності Minutiae 0,8423 для повністю накладеного шляху.
Gabor-словник деталей.	NIST SD27	Повтор: 0,4916. Точність: 0,3616.

Лі [34] презентував метод згортання відбитків пальців на основі нейронної мережі, названий FingerNet. Він складається з трьох основних частин: згортки для виявлення деталей відбитка пальця, гілки деконволюції вдосконалення для видалення шуму та гілки деконволюції орієнтації для керування вдосконаленням на основі багатозадачної стратегії навчання. В таблиці 2.6 подано словникові методи покращення відбитків пальців.

Словниковий метод	База даних	Опис
Оцінка поля орієнтації за допомогою згорткової нейронної мережі.	NIST SD27	Покращений коефіцієнт ідентифікації Rank-1 порівняно з підходами на основі словників.
FingerNet: метод вдосконалення на основі CNN.	NIST SD27	Менша швидкість обчислення.

На основі проведеного аналізу можемо зробити висновок, що попереднє опрацювання відбитка пальця з використанням різних методів покращення в основному залежить від поля орієнтації.



### 2.1.3 Структурні елементи відбитків пальців

Структурні елементи відбитків пальців в основному поділяються на три широкі категорії [3]. Ці категорії описані нижче та подані на рисунку 2.1.

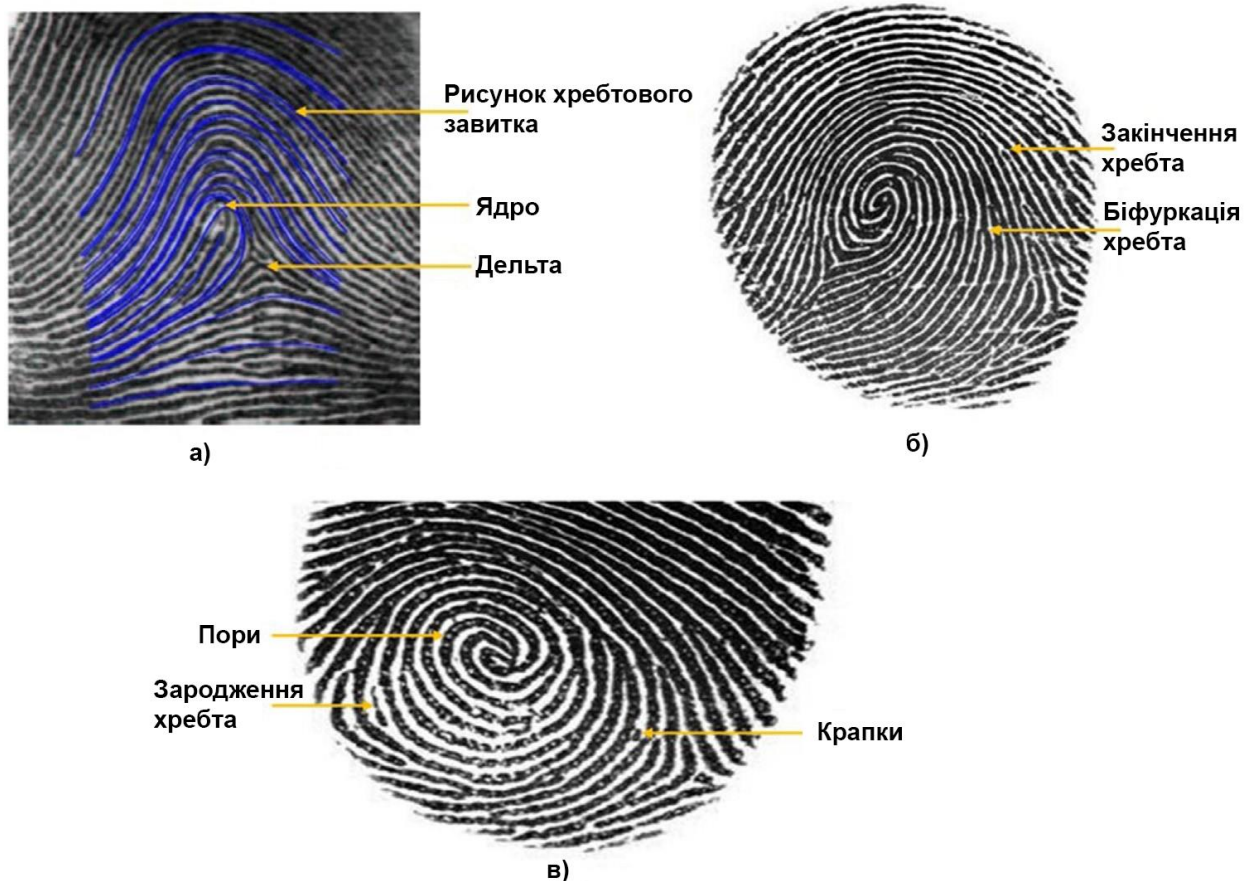


Рисунок 2.1 – Структурні елементи відбитків пальців

(а) Рівень 1, (б) Рівень 2, (в) Рівень 3. [42]

Особливості рівня 1 – сюди входить потік хребта за відбитками пальців (поле орієнтації хребта та тип малюнка) та особливі точки (серцевина та дельта) Ці особливості є узагальненими і не є унікальними для кожного пальця. Таким чином, ці ознаки використовуються для індексації та класифікації відбитків пальців на основі схеми потоку хребта. В таблиці 2.7 подано техніки та системи видобування для відбитків пальців.

Таблиця 2.7 – Техніки та системи видобування для відбитків пальців

<b>Техніки та системи</b>	<b>База даних</b>	<b>Опис</b>
Ієрархічна система розпізнавання (рівень 1, 2, 3).	Створено базу даних у режимі реального часу за допомогою давача Crossmatch.	Середній рівень помилок системи відповідності зменшено на 20%.
Техніка еволюції кривої із встановленим рівнем для вилучення особливостей рівня 3 (Рівень 1, 2, 3).	Створений рулонний конвеєр з високою роздільною здатністю за допомогою оптичного сканера та бази даних відбитків пальців із використанням порошку, йодного піноутворення, нінгідрину та нітрату срібла.	Точність рейтингу 20 із використанням комбінованого рівня 2, рівня 3 та показника якості для відповідності прокату з прихованим: 95,35%.

Особливості 2-го рівня – сюди входять відмінні риси на відбитках пальців, відомі як точки деталей. Їх може бути два типи, зокрема, закінчення хребта та біфуркація (роздвоєння) хребта. Ці функції можна виділити зі стандартних зображень розміром 500 ppi. В таблиці 2.8 подано моделі видобування для відбитків пальців.

Таблиця 2.8 – Моделі видобування для відбитків пальців

<b>Модель</b>	<b>База даних</b>	<b>Опис</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Адаптивна анізотропна модель пор (рівень 3).	Створена база даних у режимі реального часу за допомогою власного вбудованого сканера відбитків пальців із	Справжній рівень виявлення: 82,8%. Швидкість виявлення помилок: 13,9%.

Продовження таблиці 2.8

1	2	3
	високою роздільною здатністю.	
Модель гауссового процесу на основі регресії (рівень 3).	NIST SD27 NIST SD4.	Точність прогнозування: 84,5%.
Динамічна анізотропна модель пор та адаптивна екстракція пор (рівень 3).	Ефективна фодель виявлення відбитків пальців із високою роздільною здатністю.	Справжній рівень виявлення: 84,8%. Швидкість виявлення помилок: 17,6%.
Анізотропна модель пор та алгоритм RANSAC (рівень 2, 3).	NIST SD30 (Зображення відбитків пальців із рулонної фарби).	Швидкість виявлення пори: 70%. Швидкість помилкового виявлення (добре): 20%. Швидкість помилкового виявлення (середня): 40%. Швидкість помилкового виявлення (погано): 70%.

Особливості рівня 3 – це розмірні риси відбитка пальця, який включає пори, крапки, зародження хребта та форму хребта. Це характерні риси, які можна виділити із зображень із високою роздільною здатністю, 1000 ppi. Нгуєн [35] подав дві мережеві архітектури (CoarseNet та FineNet) для автоматичного визначення точок деталей із зображення відбитка пальця шляхом поєднання домену знань з глибинним навчанням. В таблиці 2.9 подано аналітичні засоби для відбитків пальців.

Таблиця 2.9 – Аналітичні засоби для відбитків пальців

<b>Аналітичний засіб</b>	<b>База даних</b>	<b>Опис</b>
Просторовий розподіл та фотометрична залежність (рівень 3).	База даних PolyU HRF.	Визначення справжньої швидкості: 86.1. Виявлення помилкової швидкості: 8.6.
Складені деноазіруючі розріджені автокодери (рівень 2).	NIST SD27.	Точність ідентифікації 10 рангу: 33,61%.
Динамічна фільтрація пір (DPF) та мінімальне дерево охоплення Крускала (рівень 3).	База даних PolyU HRF.	Пори: Частота виявлення: 90,8%. Швидкість виявлення помилок: 11,1% Реконструкція хребта: Частота виявлення краю: 94,1% Показник помилкового виявлення: 3,9%

По-перше, зображення відбитка пальця подається як вхід до згорткової нейронної мережі CoarseNet, яка надійно видобуває місця розташування та орієнтації кандидатів, використовуючи знання домену. В таблиці 2.10 подано нейромережні засоби видобування для відбитків пальців.

Таблиця 2.10 – Нейромережні засоби видобування для відбитків пальців

<b>Нейромережний засіб</b>	<b>База даних</b>	<b>Опис</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Нейронна мережа подачі вперед (FFNN) (рівень 3)	Створено сенсорну базу даних відбитків пальців, придбану за допомогою камери та зеленої світлодіодної підсвітки.	Точність FFNN-30: 83,4%.

1	2	3
Нейронна мережа згортки (CNN) (рівень 3)	База даних HRU PolyU Створена база даних для прихованих відбитків пальців. База даних без дотику.	Для сенсорної БД. Швидкість справжнього виявлення: 84,69%. Для БД без дотику.
Нейронна мережа згортки (CNN) (рівень 3).	PolyU HRF database	Рівень виявлення пор: 88,6%.
Повністю згорткова мережа (FCN) (рівень 2).	NIST SD 27	Точність: 53,4%. Відкликання: 53%.
Глибокі нейронні мережі (рівень 2).	NIST SD27 FVC 2004	Точність: 71.2%. Відкликання: 75.7%.

Крім того, класифікатор на основі виправлень FineNet використовується для уточнення місць розташування та орієнтації деталей, обробляючи кожну заплановану деталь минулого.

#### 2.1.4 Збіг відбитків пальців

Зіставлення відбитків пальців передбачає знаходження зв'язаного збігу невідомого відбитка пальця. Цао і Джайн [36] запропонували автоматизований алгоритм розпізнавання відбитків пальців, в якому відбиток представлений двома шаблонами деталей та одним шаблоном текстури для вилучення додаткової інформації з відбитка. Один шаблон деталей генерується за допомогою конвеєрного потоку хребтів, тоді як інший шаблон деталей генерується за допомогою словника хребетного потоку. Шаблон текстури складається з віртуальних деталей. В таблиці 2.11 подано методи порівняння відбитків пальців.

Таблиця 2.11 – Методи порівняння відбитків пальців

Метод	База даних	Опис
Minutiae та додаткові функції відбитків пальців (рівень 1,2).	NIST SD27	Точність рейтингу 20: 93,4%.
Ряд, збіг та оцінка рівня злиття (рівень 2).	ELFT-EFS Набір даних для публічних запитів.	Злиття балів (boosted-max) забезпечило максимальну точність ідентифікації першого рангу 83%.
Відповідність уточнених пор за допомогою алгоритму RANSAC та адаптивної анізотропної моделі пор для вилучення пор (рівень 3).	Створено базу даних із роздільною здатністю у режимі реального часу.	Покращення розпізнавання на 30%. Точність.
Топологічна залежність між характеристиками рівня 2 та рівня 3. (Рівень 2, 3).	ПК WVU та ELFT-EFS створили імітаційну часткову базу даних.	Функції рівня 3 можуть покращити точність узгодження, якщо його можна надійно витягти з прихованих, а також простих відбитків пальців. Латентний друк містить меншу кількість дрібниць.

Потім, відповідності деталей встановлюються за допомогою алгоритмів, сформованих на графіках другого та третього порядку. Результати запропонованого алгоритму є конкурентоспроможними та співмірним із збігом COTS. Нгуен та Джейн [37] дослідили використання особливостей рівня 3 (пори) для покращення відповідності показників ідентифікації відбитків пальців. Результати показують, що пори покращують ефективність збігу, коли менша кількість точок.

Порівняння ефективності різних методів узгодження відбитків пальців, запропонованих різними видатними дослідниками, було б неможливим через використання різнорідних баз даних. На відміну від звичайного або рулонного збігу відбитків пальців, автоматичне узгодження відбитків стикається з багатьма проблемами через шумний фон, нелінійні спотворення, часткові та фрагментовані відбитки пальців, відсутність особливих точок та низьку якість відбитків пальців. Однак з огляду літератури можна зробити висновок, що системи автоматичної ідентифікації відбитків пальців для звичайних і прокатних відбитків пальців досягла достатньо високих показників відповідності, хоча автоматичне узгодження відбитків пальців все ще залишається важкою справою.

## **2.2 Методи індексування відбитків пальців**

Існує кілька підходів до зменшення простору пошуку вхідного відбитка пальця при ідентифікації. Класифікація Гальтона-Генрі полягає у розподілі відбитків пальців на різні групи типів, такі як арка, тентована арка, ліва петля, права петля та групи типу мутовки [38]. Групи різних типів базуються на положенні особливих точок, ядра та дельти. Однак класифікація Гальтона-Генрі не є достатньою для ідентифікації, якщо важко знайти точне розташування особливих точок через шуми зображень відбитків пальців. Більше того, кількість груп типів невелика, і відбитки пальців не рівномірно розподілені в групах типів. Статистичні перцентилі груп дуг, тентових дуг, лівої петлі, правої петлі та груп типу мутовки становлять 3,7%, 2,9%, 33,8%, 31,7% та 27,9% відповідно [39]. Отже, якщо тип даного відбитка є лівим циклом, то система повинна перевірити 33,8% відбитків у базі даних.

Більш ефективний підхід полягає у використанні індексації відбитків пальців у базі даних, щоб зробити невеликий набір відбитків пальців для даного вхідного відбитка. Техніка індексації робить індекс із вхідного

відбитка пальця та використовує індекс для пошуку набору відбитків пальців, значення індексу яких досить близькі до значення індексу вхідного відбитка пальця.

Зазвичай достатня близькість визначається порогом, який визначається експериментами на конкретних базах даних відбитків пальців. Загальна побудова методу індексації полягає в наступному. Індексний простір розділений на клітинки. Значення індексу відбитка пальця обчислюється з відбитка пальця і використовується для розподілу відбитка пальця в клітинку в просторі індексу.

Методи індексації побудовані таким чином, що якщо деякі відбитки пальців схожі, то вони мають однакове значення індексу, і, отже, вони розміщуються в одній комірці. Отже, коли нам потрібно знайти відбитки пальців, подібні до даного відбитка, нам потрібно перевірити лише ті відбитки пальців в одній клітинці з даним відбитком пальця. Чим менша кількість відбитків пальців, що містяться в комірці, тим ефективніше може бути виконана ідентифікація даного відбитка пальця. Тому бажано застосовувати методи індексації, щоб рівномірно розподілити значення індексу відбитків пальців по простору індексу.

Каваті та ін. [26] запропонував метод індексації на основі триплетів, заснований на трикутниках сусідніх точок деталей. У роботі [26] кожен трикутник у розширеній триангуляції Делауні має значення індексу ( $t_c, \alpha_1, \alpha_2$ ), де  $t_c$  – тип трьох вершин трикутника,  $\alpha_1$  – найбільший внутрішній кут трикутника, а  $\alpha_2$  – другий за величиною внутрішній кут трикутника.

Однак метод індексування Kavati та ін. Може використовувати лише малий простір загального простору індексації, оскільки максимальний кут не може бути меншим за  $60^\circ$ , і зрештою внутрішні кути корелюються між собою.

Очевидно, що чим більш рівномірно розподілено значення індексу відбитків пальців у базі даних, тим менший розмір набору кандидатів для даного вхідного відбитка.



## 2.3 Системи ідентифікації відбитків пальців

У попередні періоди часу фахівці з відбитків пальців вручну проводили весь процес аналізу та узгодження відбитків. Однак з роками деякі ручні процеси стали автоматизованими, що призвело до напівавтоматизованої системи ідентифікації відбитків пальців.

### 2.3.1 Ручний аналіз відбитків пальців

Відбитки пальців аналізуються вручну експертами за допомогою методу «Аналіз, порівняння, оцінювання та перевірка (АСЕ-V)» [40]. На рисунку 2.2 описані ключові фази у методі АСЕ-V.

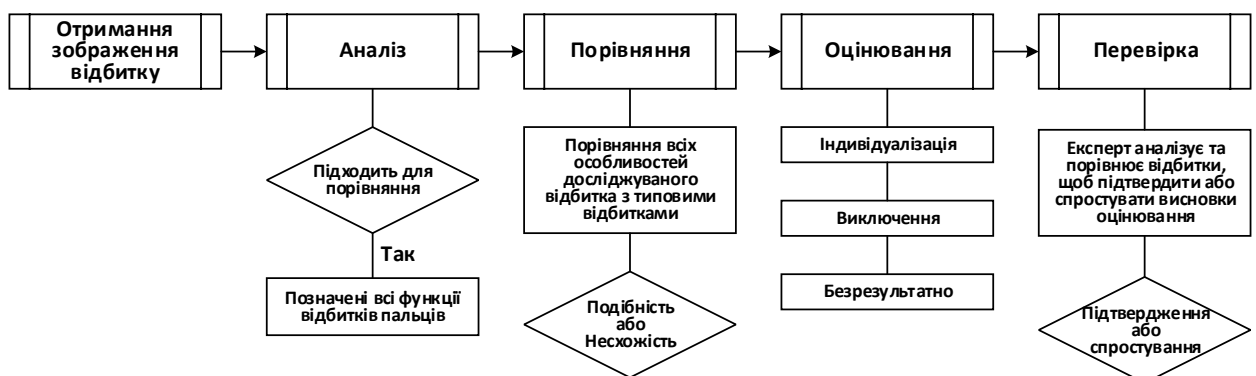


Рисунок 2.2 – Метод опрацювання відбитків АСЕ-V [40]

Метод обстеження АСЕ-V складається з наступних етапів:

– Аналіз. На цьому етапі фахівець з відбитків пальців проводить початковий аналіз, щоб визначити придатність відбитка пальця для порівняння, і відповідно присвоює одну з трьох міток: «*VID* (значення для індивідуалізації), *VEO* (значення для виключення) або *NV* (без значення)» [31]. Якщо друк виявляється придатним (тобто призначеною міткою є *VID* або *VEO*), тоді фахівець з відбитків пальців вручну позначає та вказує всі функції.

– Порівняння. Експерт порівнює характерні особливості невідомого відбитка, відзначеного на попередній фазі, із ознаками зразкових (відомих) відбитків та виявляє схожість чи несхожість між ними.

– Оцінка. Залежно від результатів етапу порівняння, експерт оцінює та приймає рішення у формі індивідуалізації, виключення або безрезультатності.

– Перевірка. На цьому етапі інший експерт перевіряє рішення, прийняте початковим експертом, самостійно виконуючи аналіз, порівняння та оцінку.

Неузгодженість рішення, прийнятого різними латентними експертами щодо одного і того ж відбитка пальця, досліджував Улері [41]. Отже, виникає потреба в автоматизованій системі ідентифікації відбитків пальців.

### 2.3.2 Напівавтоматизований аналіз відбитків пальців

На рисунку 2.3 подано напівавтоматизовану процедуру аналізу відбитків пальців.

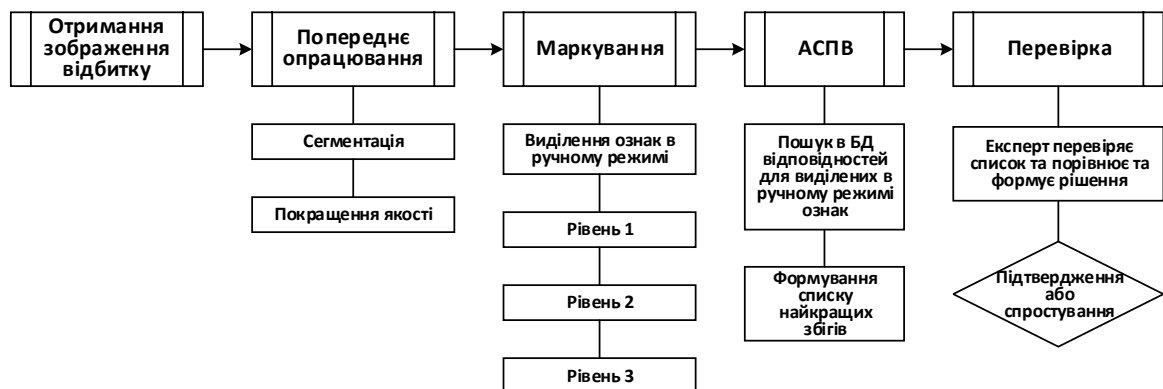


Рисунок 2.3 – Напівавтоматизована процедура аналізу відбитків

Протягом багатьох років були досягнуті значні успіхи в системі зіставлення відбитків пальців у режимі реального часу, що призвело до широкомасштабного розгортання та успішної роботи автоматизованих

систем ідентифікації відбитків пальців. Однак автоматичне узгодження відбитків пальців все ще є складною проблемою, оскільки відбитки пальців, як правило, мають низьку якість та мають менш виразну інформацію. По-перше, дослідник латентного друку опрацьовує зразок за допомогою відповідного методу (порошковий, хімічний або оптичний), щоб зробити його видимим неозброєним оком. Попередня обробка відбитків необхідна перед маркуванням та вилученням ознак. Таким чином, відбиток сегментується від шумного фону і покращується якість хребтів. Особливості відбитка, вручну відзначаються експертом із відбитків. Зазвичай всі особливості (рівень 1, рівень 2 і рівень 3) вивчаються експертом. Усі позначені функції подаються як вхідні дані до автоматичної системи ідентифікації відбитків пальців (AFIS), яка відповідає характеристикам та базі даних десяти відбитків.

### 2.3.3 Автоматизована система ідентифікації відбитків пальців

Автоматизована система ідентифікації відбитків пальців (AFIS) передбачає залучення людини для маркування та перевірки ознак. Процес функціонування автоматизованої системи ідентифікації відбитків пальців можна розділити на чотири послідовні підпроцеси, а саме „сегментація; оцінка та підвищення якості; вилучення та узгодження особливостей”, як показано на рисунку 2.4 [42].

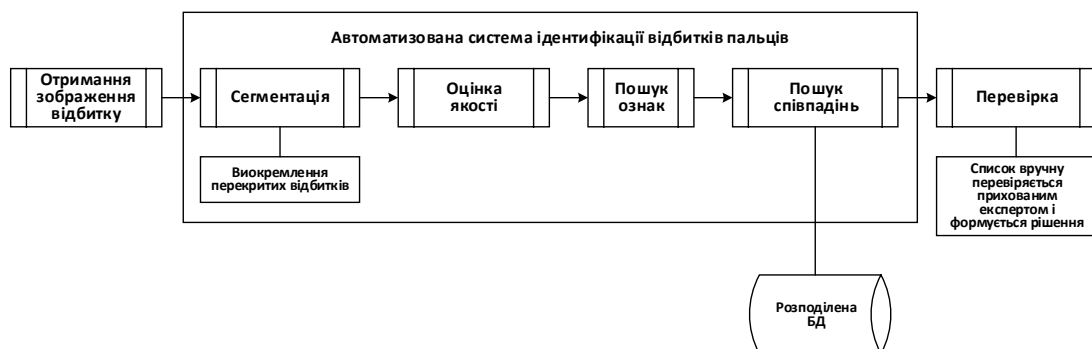


Рисунок 2.3 – Автоматизована система ідентифікації відбитків пальців [42].

## **2.4 Висновок до другого розділу**

В другому розділі кваліфікаційної роботи досліджено методи автоматизації процесів ідентифікації відбитків пальців. Проаналізовано методи індексування відбитків пальців. Систематизовано системи ідентифікації відбитків пальців.

## **3 ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ**

### **3.1 Програмне забезпечення інформаційної системи**

Класи апаратного забезпечення, що використовуються в системі, включають сканер (зчитувач) відбитків пальців, який фіксує зображення відбитків пальців, центральний сервер, що вміщує базу даних шаблонів відбитків пальців, яка, як очікується, буде контролюватися адміністраторами (до сервера підключено робочі станції). Комп'ютерні станції розміщено в різних місцях, щоб зафіксувати відвідуваність окремого персоналу (вони відповідають за запуск алгоритму порівняння та імітацію функції програми). Сканер відбитків пальців підключений до комп'ютерних систем через інтерфейс USB. Програмне забезпечення складається з Microsoft Server 2016 для операційної системи, яка працює на сервері, прикладної програми (інтерфейс) та бази даних (серверної частини). Застосовувані програмні засоби та технології включають мову програмування Microsoft C# у рамках Microsoft Visual Studio. Запропонована інформаційна систем має зручний користувальницький інтерфейс для BFASSM. Переваги Microsoft C# полягають в її швидкості, масштабованості, простоті програмування, винятковому підключенні до бази даних. Крім того, C# працює як в операційних системах Windows, так і в UNIX із великою спільнотою користувачів, яка надає підтримку в Інтернеті. Для моделювання програмного забезпечення були використані феєрверки Macromedia та Microsoft Visio.

### **3.2 Архітектура розробленої інформаційної системи**

На рисунку 3.1 подано архітектуру розробленої системи. Зарахування та ідентифікація є основними етапами розвитку біометричної системи.

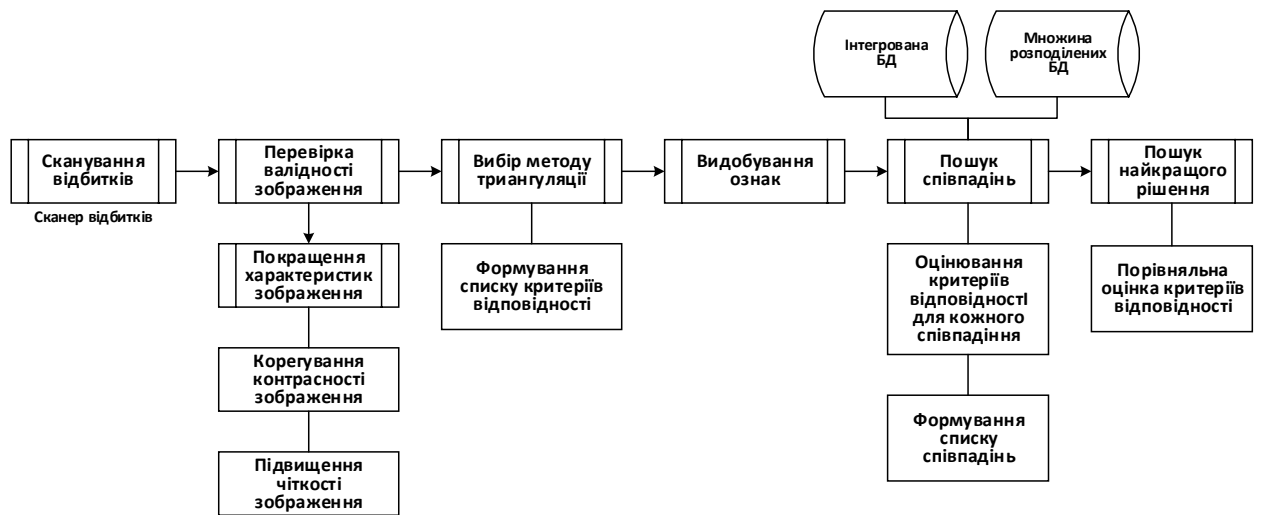


Рисунок 3.1 – Архітектура розробленої інформаційної системи

Біометричні дані персоналу фіксуються під час реєстрації за допомогою сканера (зчитувача) відбитків пальців. Для ідентифікації біометричний (відбиток пальця) окремого персоналу знову фіксується, а функції, вилучені з відбитків пальців, порівнюються із шаблонами в базі даних. Якщо відбиток пальця збігається, персонал може входити та виходити із системи. Якщо відбиток пальця не відповідає жодному шаблону в базі даних відбитків пальців, то персонал не може зареєструватися. Це етап аутентифікації або реєстрації відвідувачів. Також можливе зняття з реєстрації.

### 3.3 Методи індексування з широкоширим розподілом цінності

#### 3.3.1 Триангуляція Делануї

Якщо з відбитка пальця видобути точки деталей, то можна розрахувати триангуляцію. Нехай  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – набір точок деталей відбитка пальця. Триангуляція Делануї  $DT$  набору  $P$  виконана таким чином, що описане коло будь-якого трикутника в  $DT$  не містить жодних інших точок деталей, крім

трьох вершин трикутника. Триангуляція Делауні має декілька базових властивостей:

– Вставка або видалення точки деталей у триангуляції Делауні впливає лише на локальну область навколо цієї точки деталей (див. рисунок 3.2).

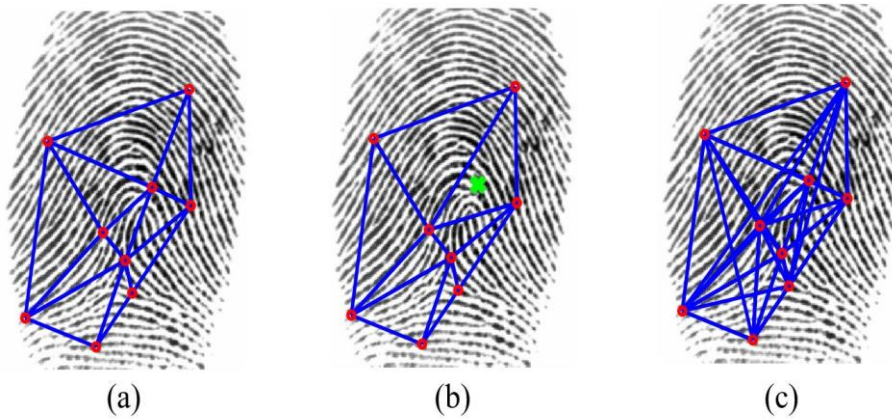


Рисунок 3.2– Приклади триангуляції; (а) Триангуляція Делауні, (б) Триангуляція Делауні після пропуску пункту мінуса, (с) Розширена триангуляція Делауні.

– Триангуляція Делауні унікальна. Це гарантує, що однакові набори деталей завжди можуть мати однакову триангуляцію Делауні (див. рисунок 3.3).

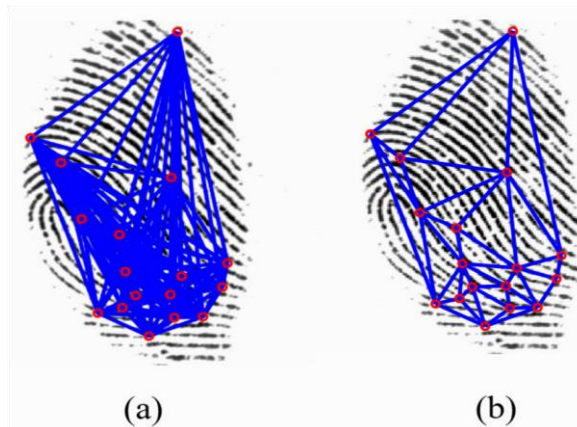


Рисунок 3.3 – Ліве зображення – це всі можливі трикутники, створені Жерменом та ін. [18], праве зображення – трикутники, створені Бебісом [22].

– Триангуляція Делауні створює лише  $O(n)$  трикутників, де  $n$  – кількість точок деталей. Зверніть увагу, що існують трикутники  $O(n^3)$  для  $n$  точок деталей.

– Триангуляція Делауні є стійкою до спотворень. Навіть якщо зображення відбитків пальців має невисоку якість, сформована триангуляція Делауні DT була б схожою на зображення без спотворень (див. рисунок 3.4).

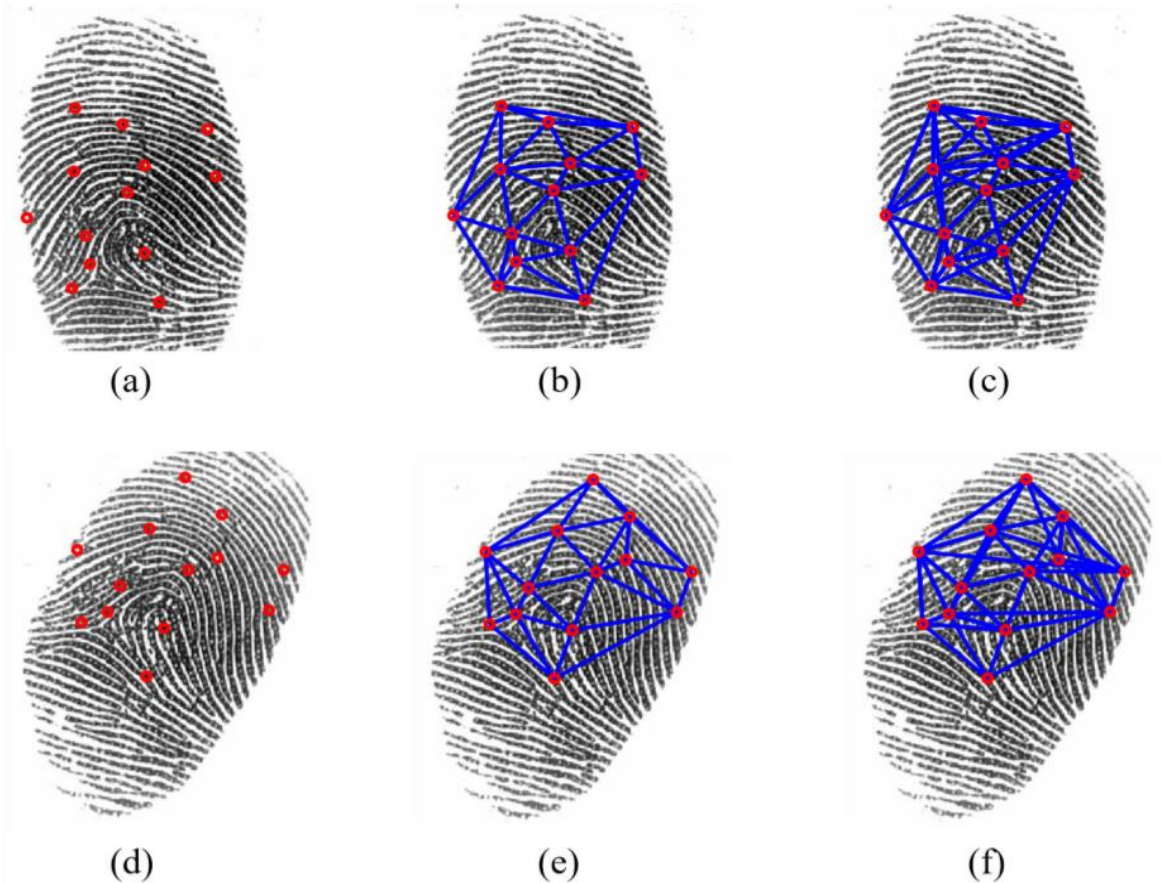


Рисунок 3.4 – Розширена триангуляція Делауні стійка до перешкод. (a), (d) FVC2002 DB1 81\_3.tif та FVC2002 DB1 81\_4.tif; (b), (e) триангуляція Делауні 81\_3 та 81\_4; (c), (f) Розширена триангуляція Делауні 81\_3 та 81\_4.

Шум в зображеннях відбитків пальців може спричинити появу або знищити деякі деталі та певним чином, вплинути на триангуляцію Делауні. На рис. 3.2 (a) показана триангуляція Делауні з оригінальним зображенням відбитка пальця, а на рис. 3.2 (б) показана триангуляція Делауні після



видалення точки деталей. Для мінімізації ефекту шумів пропонується розширена триангуляція Деллауні.

### 3.3.2 Розширена триангуляція Деллауні

Нехай  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – набір точок деталей від відбитка пальця. Якщо  $DT$  – триангуляція Деллауні множини  $P$ , то ми можемо визначити графік триангуляції Деллауні  $G = \{P, E\}$ , де  $P$  – набір точок деталей, а  $E$  – набір сторін трикутників у  $DT$ . Набір  $N_i = \{p_j \mid \{p_i, p_j\} \in E\}$  визначається як набір точок деталей, пов'язаних з точкою деталей  $p_i$  на  $P$ . Зауважте, що  $p_i$  не входить до  $N_i$ . Трикутна оболонка  $p_i$ , що позначається  $N_i$ , визначається як триангуляція  $N_i$  Деллауні. Розширена триангуляція Деллауні, позначена  $ET$ , визначається як:

$$ET = DT \cup N_1 \cup N_2 \cup \dots \cup N_n. \quad (3.1)$$

На рис. 3.2 (в) показано розширену триангуляцію Деллауні для оригінального зображення відбитка пальця. Це показує, що якщо наведено зображення відбитка пальця  $I_0$ , в якому відсутні деталі, триангуляція зображення Деллауні,  $DT_0$ , включається в розширену триангуляцію Деллауні,  $ET$ , вихідного зображення  $I$ . Таким чином, розширена триангуляція Деллауні є стійкішою до шумів зображення і має більше трикутників, ніж триангуляція Деллауні. Однак доведено, що  $|ET| \in O(n)$  подібно до триангуляції Деллауні, де  $n$  – кількість точок деталей [25].

### 3.3.3 Покоління індексної цілісності

Каваті та ін. запропонував ієрархічну структуру індексування з використанням розширеної триангуляції Деллауні [26]. Ієрархічна структура

складається із приблизних значень індексу з використанням типу деталей та детальних показників показників із використанням інформації трикутника.

У роботі [26] кожен трикутник у розширеній триангуляції Делауні має значення індексу  $(t_c, \alpha_1, \alpha_2)$ , де  $t_c$  – тип трьох вершин трикутника, що подані в таблиці 3.1.  $\alpha_1$  – найбільший внутрішній кут трикутник, а  $\alpha_2$  – другий за величиною внутрішній кут трикутника, як показано на малюнку 3.5.

Таблиця 3.1 – Класи трикутників за типами деталей.

Тренувальний клас	Тип <i>Minutiae</i>		
	$V_1$	$V_2$	$V_3$
$t_c$			
1	Біфуркація	Біфуркація	Біфуркація
2	Біфуркація	Біфуркація	Кінець
3	Біфуркація	Кінець	Біфуркація
4	Біфуркація	Кінець	Кінець
5	Кінець	Біфуркація	Біфуркація
6	Кінець	Біфуркація	Кінець
7	Кінець	Кінець	Біфуркація
8	Кінець	Кінець	Кінець

Однак ми виявили, що схема Kavati використовує менше 10% простору значень індексу. Ця проблема виникає через те, що сума внутрішніх кутів трикутника дорівнює  $180^0$ , і, отже, максимальний кут не може бути менше  $60^0$ . Більш того, коефіцієнт кореляції Пірсона між значеннями  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  від реальних відбитків пальців становить -0,9356, що показує, що ці два значення мають високолінійну кореляцію. Зверніть увагу, що коефіцієнт кореляції Пірсона представляє ступінь лінійної кореляції між двома змінними, що становить значення від -1 до 1. Чим ближче до 0, тим менше двох змінних має лінійну кореляцію. Для перевірки гіпотези вказуємо нульову та альтернативну гіпотези.

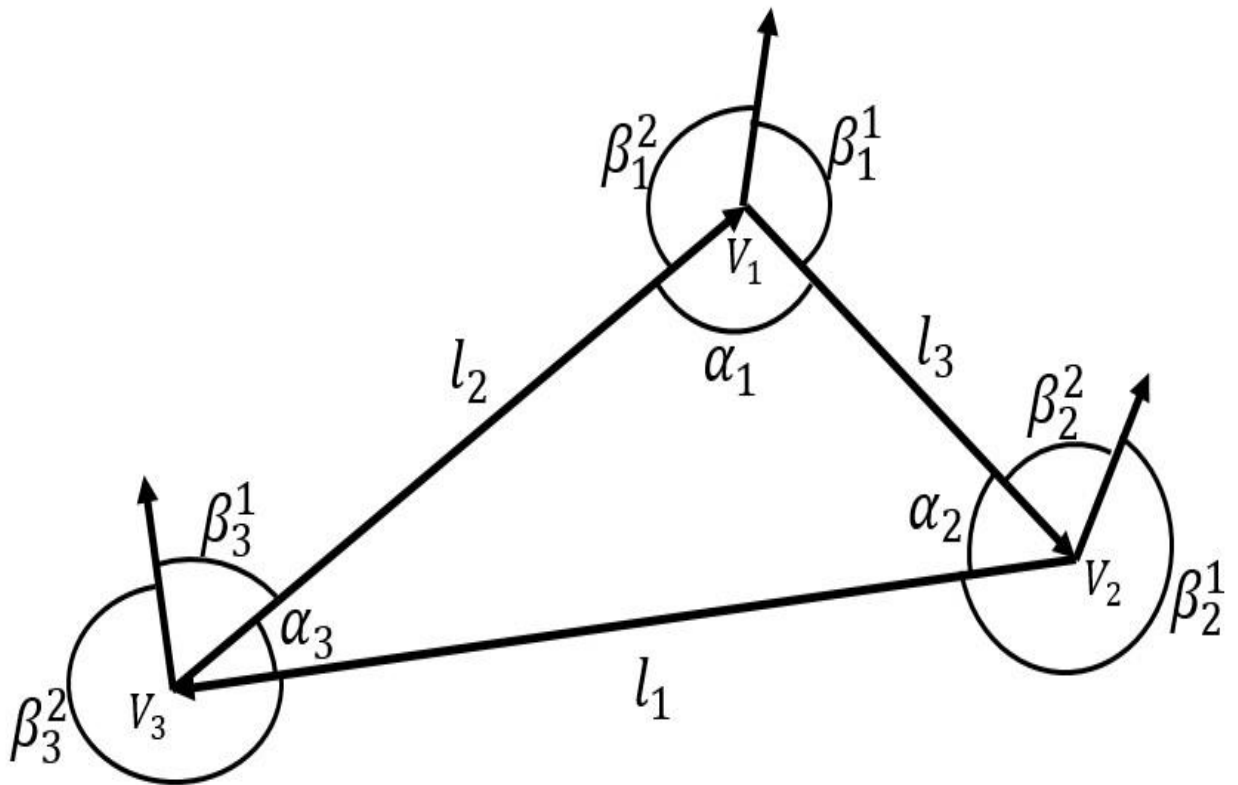


Рисунок 3.5 – Параметри трикутника [26].

Нульова гіпотеза стверджує, що при розрахунковому коефіцієнті кореляції це результат шансу. Альтернативна гіпотеза стверджує, що розрахований коефіцієнт кореляції є справжнім. Розраховуємо значення статистичного тесту, використовуючи наступну формулу для перевірки гіпотези.

$$t = r \times \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (3.2)$$

Використовуємо отриману статистичну вибірку для обчислення р-значення. Значення р визначається, посилаючись на t-розподіл із 813 (= 815 – 2) ступенями свободи, оскільки FVC2002 DB1 має 815 зразків. Імовірність отримати статистичні дані тесту менше -69,07 становить 0,0001. Оскільки ми проводимо двосторонній тест, р-значення дорівнює 0,0002 =

$0,0001 \times 2$ . В результаті ми відкидаємо нульову гіпотезу і підтверджуємо, що між  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  існує висока лінійна кореляція.

Розмір простору значень індексу становить  $258\,200 = 8 \times 180 \times 180$ , оскільки  $t_c$  має 8 типів і  $0 < \alpha_1, \alpha_2 < 180$ . Однак ми виявили, що лише близько 7% простору значень індексу використовується для реальних відбитків пальців бази даних. Це означає, що реальні значення індексу від реальних відбитків пальців не рівномірно розподіляються на просторі значень індексу.

Пропонуємо використовувати  $(t_c, l_1 / \alpha_1, k / \alpha_1)$  як значення індексу для трикутника, де  $\alpha_1$  – найбільший внутрішній кут трикутника,  $l_1$  – розмір найдовшої сторони трикутника, а  $k$  – деякий фіксована постійна.

Для порівняння розподілу значень індексу між методом Каваті та даним методом відбулася нормалізація значення індексу, як показано на малюнку 3.6.

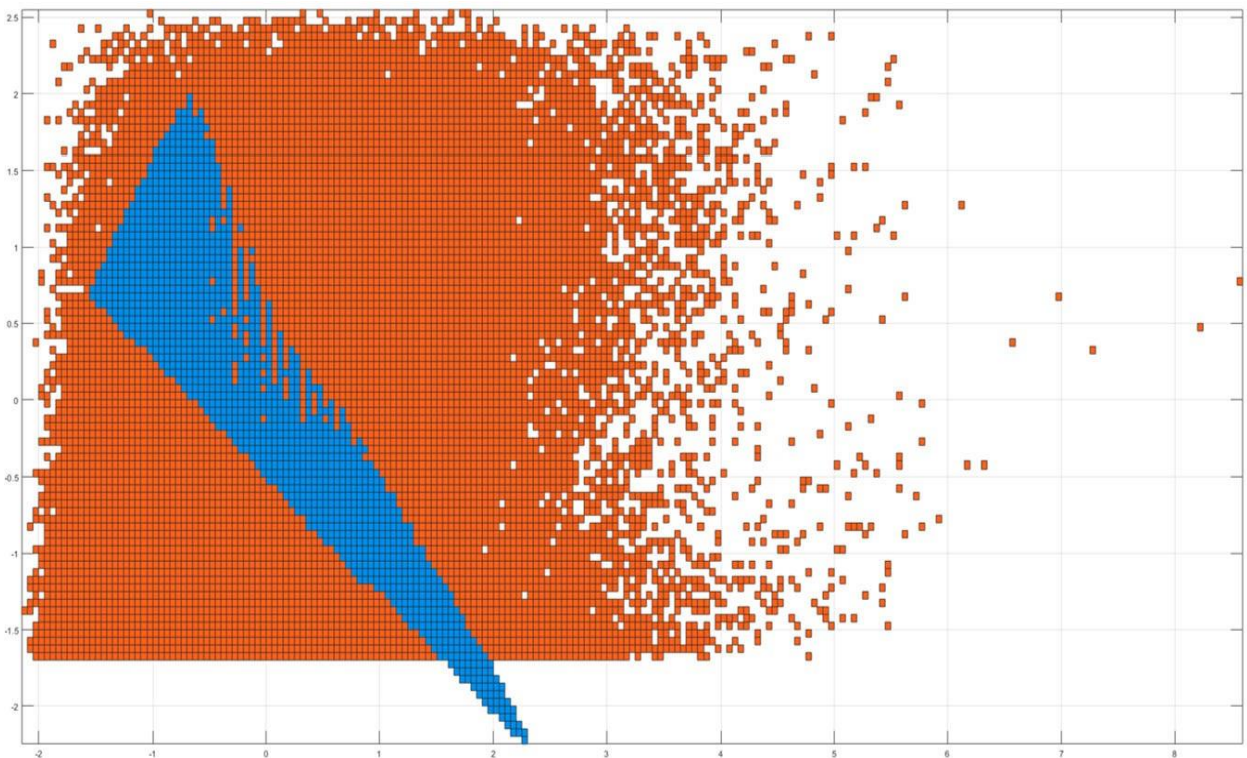


Рисунок 3.6 – Розподіл значень ознак: червоний колір для одержаного індексування та синій колір для індексації [26].

Виміряємо коефіцієнт кореляції Пірсона між  $l_1 / \alpha_1$  і  $k / \alpha_1$ , використовуючи реальні бази даних відбитків пальців, що становить 0,2517. Коефіцієнт кореляції Пірсона між змінними в даному методі індексування ближчий до нуля, значення індексу ширше розподіляються в просторі значень індексу.

У порівнянні використано FVC2002 DB1, де координати  $x$  та  $y$  є другим і третім компонентами вектора індексу відповідно. Зазначимо, що перша складова вектора індексу в обох схемах однакова.

Бачимо, що значення індексу розподіляються ширше в одній і тій же базі даних, ніж дані Kavati.

Використовуємо ту саму конкретну інформацію для трикутника, що і в методі індексування Kavati та ін., Тобто  $(l_1, l_2, l_3, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$ , де  $\varphi_i$  дорівнює  $\beta_{i1} - \beta_{i2}$ , а  $\beta_{i1}$  і  $\beta_{i2}$  – кути між вершиною  $V_i$  та сусідніми сторонами, показаними на рис. 3.5.

### **3.4 Обчислювальний експеримент**

Проведемо оцінку використаного методу індексування на базах даних відбитків пальців FVC, використовуючи протокол змагань з перевірки відбитків пальців [43].

#### **3.4.1 Підготовка експерименту**

Для експериментів був використаний процесор Intel R Core™ i7-8700K на 3,70 ГГц та 16 ГБ оперативної пам'яті. Операційною системою була Windows 10 64-біт. Пробна версія VeriFinger SDK 11, комерційне програмне забезпечення, була використана для видобування деталей із зображень відбитків пальців [43]. Всі алгоритми були реалізовані на мовах програмування MATLAB та C++.

### 3.4.2 Бази даних відбитків пальців

Збір бази даних відбитків пальців є складним завданням, оскільки стає дуже важко моделювати реальне середовище місця злочину з великими варіаціями якості та різним фоном. Бази даних із відбитками пальців, які використовуються різними дослідниками для проведення експериментів, подані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Бази даних про відбитки пальців

Назва	Розміри	Розд.здатн.	Рівень	Дост.
NIST SD27	258 зображень	500 ppi	1, 2	Ні
ШТ-D	1046 зображень	4753 3167	2	Так
SLF	1080 зображень	500 ppi	1, 2	Так
TOLF	100 прихованих 100 емульованих зображень	500 ppi	1, 2	Так
ELFT-EFS Public	1100 зображень	1000 ppi and	1, 2, 3	Ні
WVU	449 зображень	1000 ppi	2,3	Ні
ШТD (ШТD MSLFD)	551 зображень 1600 емульованих зображень	3840 2748 (500 ppi)	2, 3	Так
PolyU	DBI: Training: 210. Testing: 1480. DBII: 1480	1200 dpi	1, 2, 3	Так

База даних відбитків пальців, що використовують бесконтактні оптичний пристрій для тестування, поки що недоступні. Крім того, немає доступної бази даних відбитків пальців яка є безкоштовною та підходить для вивчення корисності функцій третього рівня.

### 3.4.3 Метрики виконання

Пробна версія спроектованого застосунку, є некомерційне програмне забезпечення, використовується для вилучення дрібниць із зображень відбитків пальців [44]. Кожна база даних FVC містить 815 зразків відбитків пальців із 100 різних предметів, тобто 8 зображень на користувача. Розділимо зразки зображень на два набори, набір для прогонки системи та тестовий набір. Набір для прогонки системи включає чотири зображення на користувача, які вибрані випадковим чином, а тестовий набір включає решту чотири зображення. Деталі баз даних FVC подані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Інформація про бази даних, які використовувались під час проведення експериментів

База даних	Об'єктів	Прикладів	Сенсор	Розм.рис.	Розд. здан.
FVC2002 DB1	100	8	Оптичний	387 x 375	500
FVC2002 DB2	100	8	Оптичний	295 x 561	568
FVC2002 DB3	100	8	Capacitive	300 x 315	500
FVC2002 DB4	100	8	Синтетичний	288 x 384	«495
FVC2004 DB 1	100	8	Оптичний	640 x 480	500
FVC2004 DB2	100	8	Оптичний	327 x 365	500
FVC2004 DB3	100	8	Підмітання	300 x 480	515
FVC2004 DB4	100	8	Синтетичний	287 x 385	«500

Ефективність запропонованого підходу визначається за допомогою показників частоти потрапляння (HR), частоти промахів (MR) та швидкості проникнення (PR). Швидкість потрапляння,  $HR = (N_c / M) \times 100$ , – це частка тестових зображень, які правильно відповідають отриманим образам-кандидатам, де  $N_c$  – кількість правильно підібраних тестових зображень, а

$M$  – загальна кількість тестових зображень. Рівень промахів,  $MR = 100 - HR$ , – це частка тестових зображень, які не відповідають отриманим образам-кандидатам. Швидкість проникнення,  $PR | C_i | / N) \times 100$ , є усередненою часткою отриманих зображень-кандидатів із бази даних, де  $C_i$  – набір кандидатів  $i$ -го тестового зображення, а  $N$  – кількість зображень у базі даних.

### 3.4.4 Аналіз виконання експерименту

Експеримент було проведено, щоб оцінити ефективність обраного методу індексування з базами даних FVC2002 та FVC2004. Вибір відповідних параметрів,  $k$  та  $\lambda$ , дозволяє обраному методу індексування досягти найкращих показників. Експерименти проводились з різними значеннями  $k$  та  $\lambda$ , де  $k$  – від 1 до 10, а  $\lambda$  – від 0 до 6, щоб знайти найкращі параметри. Результати експериментів з пошуку найкращих параметрів наведені на рисунку 3.7.

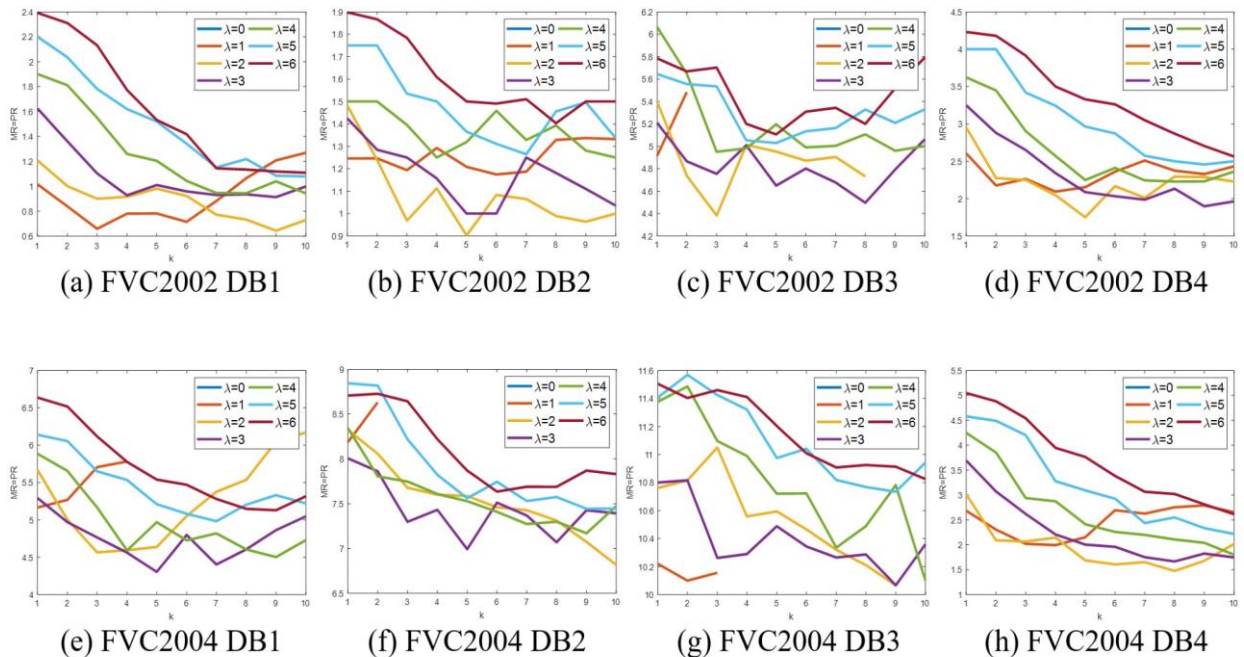


Рисунок 3.7 – Значення PR та MR для різних  $k$  та  $\lambda$  нашого методу індексування на FVC2002 та FVC2004 [45]



Високий PR означає великий розмір набору кандидатів, що збільшує час пошуку. Високий коефіцієнт MR робить точність зниженою. Тому ефективна схема індексації повинна зробити PR та MR якомога меншими під час ідентифікації. Вісь у на малюнку 6 відноситься до точки, де MR та PR стають однаковими. На рис. 3.7 показано, що (2, 7), (2, 4), (2, 3), (2, 7), (3, 7), (2, 9), (2, 10) та (2, 7) для  $\lambda$  і  $k$  – найкращий вибір для кожної бази даних.

На рисунку 3.8 показані значення PR та MR при різних порогах T на FVC2002 та FVC2004, де  $\lambda$  і  $k$ , вибрані в наведених вище експериментах, використовуються для кожної бази даних.

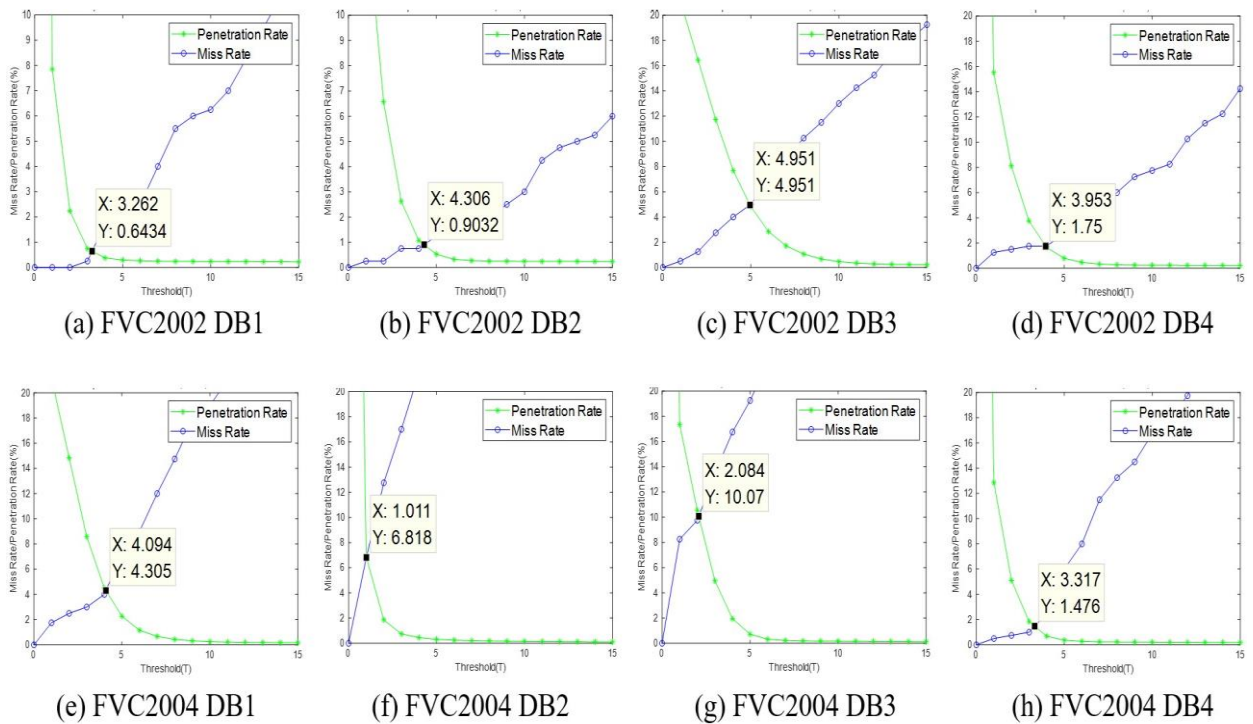


Рисунок 3.8 – Значення PR та MR для різних T нашого методу індексування на FVC2002 та FVC2004 [45]

порівнюємо найкращі результати обраного методу індексації з результатами методу Каваті [26]. Показуємо найнижчі значення обох методів, де MR дорівнює PR. Обраний метод індексації кращий, ніж метод Kavati майже у всіх базах даних, за винятком FVC2004 DB2, як показано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Порівняння з методом індексування Kavati [26].

База даних	Метод Kavati	Обраний метод
FVC2002 DB1	1.27	0.6534
FVC2002 DB2	1.687	0.9133
FVC2002 DB3	10.63	4.952
FVC2002 DB4	4.245	1.77
FVC2004 DB 1	9.712	4.304
FVC2004 DB2	6.571	6.817
FVC2004 DB3	-	10.05
FVC2004 DB4	9.43	1.475

Порівнюємо ефективність обраного методу індексування з іншими методами індексації. Результати експерименту триангуляції Делануї з якістю деталей [46], підрахунком хребтів та розширеним підходом, заснованим на триангуляції Дело [25], а також парами деталей та основним методом [47] на FVC2002 DB1 та FVC2004 DB1 на рисунку 3.9 (a) та (b) відповідно.

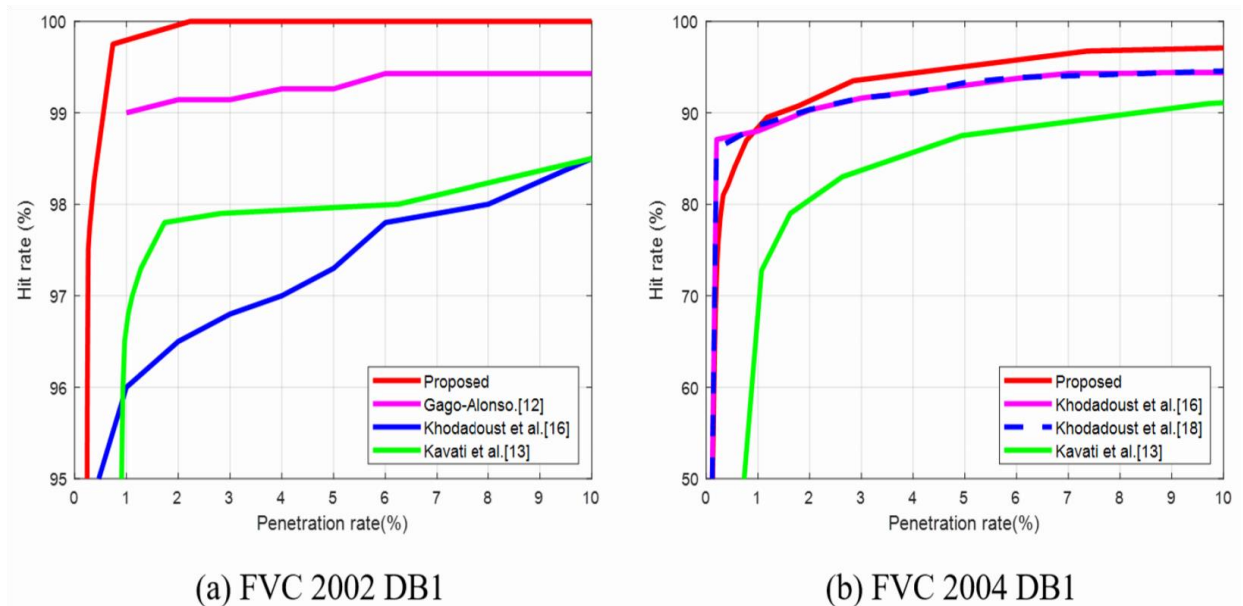


Рисунок 3.9 – Порівняння з іншими методами індексації на FVC 2002 DB1 та FVC 2004 DB1 [48]

Результати експерименту показують, що обраний метод індексації є більш точним майже для всіх розмірів наборів кандидатів, якщо зафіксувати розмір набору кандидатів.

#### **3.4.5 Обчислювальна складність**

Час генерації індексу та час, необхідний для узгодження в обраному методі індексування, подібний до часу [26]. В наближеному аналізі могли сказати, що часова складність схеми ідентифікації з індексацією залежить від кількості відбитків пальців у наборі кандидатів. Тому порівнюємо розміри наборів кандидатів попередніх ідентифікаційних схем з індексацією для фіксованого показника потрапляння. Як видно на рис. 3.9, обраний метод індексації має нижчий рівень проникнення, коли фіксується швидкість потрапляння, тобто менший розмір набору кандидатів, для більшості випадків. Таким чином, можна стверджувати, що обраний метод індексації є більш ефективним, ніж попередні методи індексації.

#### **3.5 Висновок до третього розділу**

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано програмне забезпечення інформаційної системи. Спроектовано архітектуру розробленої інформаційної системи. Досліджено методи індексування з широкоширеним розподілом цінності. Подано опис обчислювального експерименту.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Небезпечні й шкідливі фактори при виконанні робіт за комп'ютером**

Тема кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» присвячена розробці інформаційної системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації на прикладі відбитків пальців. Оскільки розроблення та використання інформаційної системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації передбачає використання різнотипової комп'ютерної техніки, то з метою забезпечення комфортних, зручних та безпечних умов праці громадян важливим є дотримання Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями затверджених Наказом № 207 від 14.02.2018 р. [49] Міністерства соціальної політики України. Це, в свою чергу, вимагає дослідження небезпечних та шкідливих факторів при виконанні робіт за комп'ютером.

Згідно Інструкції з охорони праці під час робіт на персональному комп'ютері і відеодисплейних терміналах № 31947 [50] основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть впливати на оператора (користувача) ЕОМ:

– Фізичні. Зокрема, підвищений рівень електромагнітного випромінювання, підвищений рівень рентгенівського випромінювання, підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання, підвищений рівень інфрачервоного випромінювання, підвищений рівень статичної електрики, підвищений рівень запиленість повітря робочої зони, підвищений зміст позитивних аероіонів у повітрі робочої зони, знижений вміст негативних аероіонів у повітрі робочої зони, знижена чи підвищена вологість повітря робочої зони, знижена чи підвищена рухомість повітря робочої зони, підвищений рівень шуму на робочому місці (від вентиляторів, процесорів,

аудіоплат, принтерів), підвищений чи знижений рівень освітленості, підвищений рівень прямої і відбитої блискісті, підвищений рівень засліпленості, нерівномірність розподілу яскравості в поле зору, підвищена яскравість світлового зображення, підвищений рівень пульсації світлового потоку та ураження електричним струмом.

– Хімічні, зокрема, підвищений зміст у повітрі робочої зони двоокису вуглецю, озону, аміаку, фенолу та формальдегіду

– Психофізіологічні. А саме: напруга зору, напруга уваги, інтелектуальні навантаження, емоційні навантаження, тривалі статичні навантаження, монотонність праці, великий обсяг інформації, оброблюваної в одиницю часу та нерациональна організація робочого місця.

– Біологічні, спричинені підвищеним вмістом у повітрі робочої зони мікроорганізмів.

До основних шкідливих факторів при роботі з комп'ютерною технікою відносять: тривале сидяче положення тіла людини, підвищене електромагнітне випромінювання, суттєве навантаження на органи зору, перевантаження суглобів кистей рук, підвищена можливість захворювань органів дихання, алергічні реакції, порушення нормального перебігу вагітності тощо. Тривале сидяче положення тіла людини, як правило призводить до підвищеної напруги м'язів шиї, голови, рук і плечей та, як наслідок, остеохондрозу. У дітей та підлітків зазначений перелік факторів може спричинити сколіоз.

Тривале сидіння та завмирання в одній позі приводить до застою крові в органах тазу, що, в свою чергу сприяє виникненню простатиту та геморою. Малорухливий спосіб життя призводить до ожиріння. Внаслідок порушення міжхребцевих дисків виникає остеохондроз, який призводить до грижі міжхребцевих дисків. Наслідки можуть бути доволі різноманітними, зокрема болі в спині та кінцівках, що в результаті може привести до паралічу кінцівок та смерті. Поширеною причиною остеохондрозу є дистрофія м'язів

спини внаслідок малорухливого способу професійної діяльності. Серед типових ознак початку захворювання присутні дискомфорт та больові відчуття у спині, головні болі та порушення роботи внутрішніх органів. В свою чергу серед факторів, що підвищують ризик захворювання гемороєм є сидячий спосіб життя, надмірна вага, запальні захворювання малого таза.

Надмірна вага громадян виникає через нераціональне харчування, малорухомий та сидячий спосіб праці та життя, неадекватні реакції на стрес, надмірно довгий сон, перевантаження організму харчовими жирами. В свою чергу ожиріння призводить до зростання серцевого навантаження, зміну форми та положення серця, зростання показників вмісту холестерину в крові. Він відкладається на стінках судин та спричиняє атеросклероз. Підвищений вміст жиру всередині грудної клітини утруднює функціонування органів дихання, що призводить до виникнення задишки, гіпоксії органів та тканин.

Збільшене навантаження на органи зору спричиняє збільшення їх чутливості на вібрації тексту, зображень і мерехтіння екрану. Постійна напруга м'язів ока призводить до втрати гостроти зору. Важливими для профілактики зорових дисфункцій є коректний підбір кольорів, шрифтів, компоновки вікон у використовуваних застосунках, орієнтація відеодисплейних терміналів. Тривала робота за комп'ютером супроводжується великим навантаженням на органи зору та неминуче приводить до погіршення зору користувача, підвищеного сльозовиділення, головного болю, втоми, роздвоєння і спотворення зображень. Перевантаження суглобів кистей рук здебільшого приводить до синдрому зап'ястного каналу.

Отже, при розробці інформаційної системи для збору та аналізу сигналів біометричної ідентифікації на прикладі відбитків пальців розглянуто небезпечні й шкідливі фактори при виконанні робіт за комп'ютером, проаналізовано та враховано необхідні вимоги щодо охорони праці, що дозволило забезпечити умови для зручної та ефективної роботи працівників.

## **4.2 Створення і функціонування системи моніторингу довкілля з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території**

Ідея про необхідність систематичного збору, збереження і переробки даних про стан навколишнього середовища остаточно сформувалася в кінці 60-х років минулого століття. Вже у Стокгольмі (1972 р.) на конференції з охорони навколишнього середовища під егідою ООН поняття «моніторинг» тлумачиться як комплексна система спостережень, оцінювання і прогнозування змін стану навколишнього середовища під впливом антропогенних факторів. Нині під ним розуміють сукупність територіально і хронологічно організованих спостережень за компонентами біосфери.

Система моніторингу – це відкрита інформаційна система, пріоритетами функціонування якої є захист життєво важливих екологічних інтересів людини і суспільства; збереження природних екосистем; відвернення кризових змін екологічного стану довкілля і запобігання надзвичайним екологічним ситуаціям.

Державна система моніторингу довкілля – це система спостережень, збирання, оброблення, передавання, збереження та аналізу інформації про стан довкілля, прогнозування його змін і розроблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним змінам стану довкілля та дотримання вимог екологічної безпеки. Створення і функціонування системи моніторингу з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території, ґрунтується на принципах:

– узгодженості нормативно-правового та організаційно-методичного забезпечення, сумісності технічного, інформаційного і програмного забезпечення її складових;

- систематичності спостережень за станом довкілля та техногенними об'єктами, що впливають на нього;
- своєчасності отримання, комплексності оброблення та використання екологічної інформації, що надходить та зберігається в системі моніторингу;
- об'єктивності первинної, аналітичної і прогнозної екологічної інформації та оперативності її доведення до органів державної влади, органів місцевого самоврядування, громадських організацій, засобів масової інформації, населення України, зацікавлених міжнародних установ та світового співтовариства.

Система моніторингу спрямована на:

- підвищення рівня вивчення і знань про екологічний стан довкілля;
- підвищення оперативності та якості інформаційного обслуговування користувачів на всіх рівнях;
- підвищення якості обґрунтування природоохоронних заходів та ефективності їх здійснення;
- сприяння розвитку міжнародного співробітництва у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки.

Основними завданнями суб'єктів системи моніторингу є:

- довгострокові систематичні спостереження за станом довкілля;
- аналіз екологічного стану довкілля та прогнозування його змін;
- інформаційно-аналітична підтримка прийняття рішень у галузі охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та екологічної безпеки;
- інформаційне обслуговування органів державної влади, органів місцевого самоврядування, а також забезпечення екологічною інформацією населення країни і міжнародних організацій.

Суб'єкти екологічного моніторингу в Україні.



Міністерство охорони навколишнього природного середовища здійснює спостереження за станом атмосферного повітря, поверхневих, підземних і морських вод, водних об'єктів у межах природоохоронних територій, ґрунтів різного призначення, у тому числі на природоохоронних територіях, ландшафтів, за джерелами промислових викидів і скидів, радіаційної обстановки, стихійними та небезпечними природними явищами, зокрема геологічними процесами, повенями, паводками, сніговими лавинами, селями. Воно проводить державне еколого-геологічне картування території України для оцінювання стану геологічного середовища та його змін під впливом господарської діяльності.

Міністерство з надзвичайних ситуацій здійснює спостереження на територіях, підпорядкованих Адміністрації зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення, а також в інших зонах радіоактивного забруднення внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

Міністерство охорони здоров'я проводить моніторингові дослідження у місцях проживання і відпочинку населення, зокрема на природних територіях курортів.

Міністерство аграрної політики веде спостереження за станом ґрунтів сільськогосподарського використання, сільськогосподарських рослин і тварин, а також продуктів з них, поверхневих вод сільськогосподарського призначення.

Державний комітет лісового господарства здійснює нагляд за станом ґрунтів земель лісового фонду, лісової рослинності, мисливської фауни тощо.

Державний комітет з водного господарства спостерігає за станом річок, водосховищ, каналів, зрошувальних систем і водойм у межах водогосподарських систем комплексного призначення, систем міжгалузевого та сільськогосподарського водопостачання, водойм у зонах впливу атомних електростанцій, поверхневих вод у прикордонних зонах і місцях їх інтенсивного виробничо-господарського використання.

## ВИСНОВКИ

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр»:

– Описані біометричні засоби.

– Висвітлено інформаційні системи для біометричної аутентифікації користувачів на основі відбитків пальців.

– Розглянуто методи опрацювання відбитків пальців.

– Проаналізовано публікацій в предметній області.

В другому розділі кваліфікаційної роботи:

– Описано методи автоматизації процесів ідентифікації відбитків пальців.

– Досліджено методи індексування відбитків пальців.

– Подано порівняльний опис системи ідентифікації відбитків пальців.

В третьому розділі кваліфікаційної роботи:

– Описано програмне забезпечення інформаційної системи.

– Наведена архітектура розробленої інформаційної системи.

– Проаналізовано методи індексування з широкоширим розподілом цінності.

– Проведено обчислювальний експеримент.

У розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проаналізовано небезпечні й шкідливі фактори при виконанні робіт за комп'ютером. Описано створення і функціонування системи моніторингу довкілля з метою інтеграції екологічних інформаційних систем, що охоплюють певні території.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ**

- 1 A.K. Jain, A. Ross, S. Prabhakar, An introduction to biometric recognition, *IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol.* 14 (1) (2004) 4–20, doi:<http://dx.doi.org/10.1109/TCSVT.2003.818349>.
- 2 Singla, Nancy, Manvjeet Kaur, and Sanjeev Sofat. "Automated latent fingerprint identification system: A review." *Forensic science international* 309 (2020): 110187.
- 3 D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain, S. Prabhakar, *Handbook of Fingerprint Recognition*, 2nd edition, Springer-Verlag, London, 2009, doi:<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84882-254-2>.
- 4 S. Jaiswal, D.S.S. Bhadauria, D.R.S. Jadon, Biometric: case study, *J. Glob. Res. Comput. Sci.* 2 (10) (2011) 19–48.
- 5 P. Komarinski, *Automated Fingerprint Identification Systems (AFIS)*, Elsevier Academic Press, 2005.
- 6 C.I. Watson, G.P. Fiumara, E. Tabassi, W.J. Salamon, P.A. Flanagan, Fingerprint vendor technology evaluation, *Tech. Rep.* (2014), doi:<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.IR.8034> <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2014/NIST.IR.8034.pdf>.
- 7 M. Indovina, V. Dvornychenko, R. Hicklin, G. Kiebusinski, ELFT-EFS evaluation of latent fingerprint technologies: extended feature sets [Evaluation# 2] (2012), *Tech. Rep.* (2012).
- 8 J.R. Greene, 3rd edition, *The Encyclopedia of Police Science*, vol. 52, Taylor & Francis, 2007, 2014.
- 9 M. Tistarelli, C. Champod, *Advances in Computer Vision and Pattern Recognition Handbook of Biometrics for Forensic Science*, (2017) .
- 10 G.S. Sodhi, J. Kaur, Powder method for detecting latent fingerprints: a review, *Forensic Sci. Int.* 120 (3) (2001) 172–176, doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S03790738\(00\)00465-5](http://dx.doi.org/10.1016/S03790738(00)00465-5).

11 R. Bott, *Fingerprints and Other Ridge Skin Impressions*, no.1, (2014), doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>  
<http://arxiv.org/abs/1011.1669v3>.

12 K. Guigui, A. Beaudoin, The use of oil red O in sequence with other methods of fingerprint development, *J. Forensic Identif.* 57 (4) (2007) 550–581.

13 Soyemi, Jumoke, and Folasade O. Isinkaye. "An Implementation of Biometric Fingerprint-based Attendance System for Staff Management (BFASSM)." *Journal of Computing and Intelligent Systems* 4.2 (2020): 145-150.

14 Y. Wang, J. Hu, and D. Phillips, "A fingerprint orientation model based on 2D Fourier expansion (FOMFE) and its application to singular-point detection and fingerprint indexing," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 29, no. 4, pp. 573–585, Apr. 2007.

15 O. N. Iloanusi, "Fusion of finger types for fingerprint indexing using minutiae quadruplets," *Pattern Recognit. Lett.*, vol. 38, pp. 8–14, Mar. 2014.

16 S. Chikkerur, A. N. Cartwright, and V. Govindaraju, "K-plet and coupled BFS: A graph based fingerprint representation and matching algorithm," in *Proc. Int. Conf. Biometrics*, 2006, pp. 309–315.

17 P. Gupta, K. Tiwari, and G. Arora, "Fingerprint indexing schemes – A survey," *Neurocomputing*, vol. 335, pp. 352–365, Mar. 2019.

18 R. S. Germain, A. Califano, and S. Colville, "Fingerprint matching using transformation parameter clustering," *IEEE Comput. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 4, pp. 42–49, Oct. 1997.

19 B. Bhanu and X. Tan, "Fingerprint indexing based on novel features of minutiae triplets," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 25, no. 5, pp. 616–622, May 2003.

20 K. Choi, D. Lee, S. Lee, and J. Kim, "An improved fingerprint indexing algorithm based on the triplet approach," in *Proc. Int. Conf. Audio VideoBased Biometric Person Authentication*, 2003, pp. 584–591.

21 S. Biswas, N. K. Ratha, G. Aggarwal, and J. Connell, “Exploring ridge curvature for fingerprint indexing,” in Proc. IEEE 2nd Int. Conf. Biometrics, Theory, Appl. Syst., Sep. 2008, pp. 1–6.

22 G. Bebis, T. Deaconu, and M. Georgiopoulos, “Fingerprint identification using delaunay triangulation,” in Proc. Int. Conf. Inf. Intell. Syst., Oct. 1999, pp. 452–459.

23 X. Liang, A. Bishnu, and T. Asano, “A robust fingerprint indexing scheme using minutia neighborhood structure and low-order delaunay triangles,” IEEE Trans. Inf. Forensics Security, vol. 2, no. 4, pp. 721–733, Dec. 2007.

24 A. Muñoz-Briseño, A. Gago-Alonso, and J. Hernández-Palancar, “Fingerprint indexing with bad quality areas,” Expert Syst. Appl., vol. 40, no. 5, pp. 1839–1846, Apr. 2013.

25 A. Gago-Alonso, J. Hernández-Palancar, E. Rodríguez-Reina, and A. Muñoz-Briseño, “Indexing and retrieving in fingerprint databases under structural distortions,” Expert Syst. Appl., vol. 40, no. 8, pp. 2858–2871, Jun. 2013.

26 I. Kavati, M. V. Prasad, and C. Bhagvati, “Hierarchical decomposition of extended triangulation for fingerprint indexing,” in Efficient Biometric Indexing and Retrieval Techniques for Large-Scale Systems. Cham, Switzerland: Springer, 2017, pp. 21–40.

27 M. Liu, S. Liu, W. Yan, Latent fingerprint segmentation based on ridge density and orientation consistency, Secur. Commun. Networks 2018 (2018) 1–10, doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2018/4529652>. <https://www.hindawi.com/journals/scn/2018/4529652/ref/>.

28 D.L. Nguyen, K. Cao, A.K. Jain, Automatic latent fingerprint segmentation, 2018 IEEE 9th International Conference on Biometrics Theory, Applications and Systems, BTAS 2018 (2018), doi:<http://dx.doi.org/10.1109/BTAS.2018.8698544>.  
<http://arxiv.org/abs/1804.09650v2>.

29 K. Tejas, C. Swathi, A.K.D, R. Muthu, S. Member, Automated region masking of latent overlapped fingerprints, 2017 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies (I-PACT), IEEE, Vellore, India, 2017, pp. 1–6, doi: <http://dx.doi.org/10.1109/IPACT.2017.8245111>.

30 B. Stojanović, A. Nesković, O. Marques, A novel neural network based approach to latent overlapped fingerprints separation, *Multimed. Tools Appl.* 76 (10) (2017) 12775–12799, doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s11042-016-3696-4>.

31 T. Chugh, K. Cao, J. Zhou, E. Tabassi, A.K. Jain, Latent fingerprint value prediction: crowd-based learning, *IEEE Trans. Inform. Forensics Secur.* 13 (1) (2018) 20–34, doi:<http://dx.doi.org/10.1109/TIFS.2017.2721099>.

32 X. Miao, J. Feng, J. Lu, J. Zhou, Latent Fingerprint Enhancement Using Gabor and Minutiae Dictionaries, IEEE, Beijing, China, 2017, pp. 3540–3544, doi:<http://dx.doi.org/10.1109/ICIP.2017.8296941>.

33 P. Schuch, S.-D. Schulz, C. Busch, Preface, *Lecture Notes in Computer Science ( Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Vol. 10269 LNCS, (2017), pp. 325–336, doi:<http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-59126-1>.

34 J. Li, J. Feng, C.C. Kuo, Deep convolutional neural network for latent fingerprint enhancement, *Sign. Process. Image Commun.* 60 (August 2017) (2018) 52–63, doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.image.2017.08.010>.

35 D. Nguyen, K. Cao, A.K. Jain, Integrating deep networks and fingerprint domain knowledge, *International Conference on Biometrics (ICB)*, IEEE, Gold Coast, QLD, Australia, 2018, pp. 9–16, doi:<http://dx.doi.org/10.1109/ICB2018.2018.00013>.  
<http://arxiv.org/abs/1712.09401v1>.

36 K. Cao, A.K. Jain, Automated latent fingerprint recognition, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 41 (4) (2019) 788–800, doi:<http://dx.doi.org/10.1109/TPAMI.2018.2818162>.

37 D.-l. Nguyen, A.K. Jain, End-to-End Pore Extraction and Matching in Latent Fingerprints: Going Beyond Minutiae, (2019) , pp. 1–10. <http://arxiv.org/abs/1905.11472v2>.

38 E. Henry, Classification and Uses of Finger Prints. London, U.K.: Routledge, 1900.

39 D. Maltoni, D. Maio, A. K. Jain, and S. Prabhakar, Handbook of Fingerprint Recognition. New York, NY, USA: Springer-Verlag, 2003.

40 D.R. Ashbaugh, Quantitative–Qualitative Friction Ridge Analysis: An Introduction to Basic and Advanced Ridgeology, 1st edition, CRC Press, Boca Raton, 1999.

41 B.T. Ulery, R.A. Hicklin, J. Buscaglia, M.A. Roberts, Accuracy and reliability of forensic latent fingerprint decisions, Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 108 (19) (2011) 7733–7738, doi:<http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1018707108> <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1018707108>.

42 A.Sankaran, M.Vatsa, R.Singh, Latent fingerprint matching: a survey, IEEE Access 2 (2014) 982–1004, doi:<http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2014.2349879>.

43 D. Maio, D. Maltoni, R. Cappelli, J. L. Wayman, and A. K. Jain, “FVC2000: Fingerprint verification competition,” IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., vol. 24, no. 3, pp. 402–412, Mar. 2002.

44 Neurotechnology. Verifinger SDK. Accessed: Sep. 2018. [Online]. Available: <http://www.neurotechnology.com>

45 Lee, Sanghoon, and Ik Rae Jeong. "Improved Fingerprint Indexing Based on Extended Triangulation." IEEE Access 9 (2021): 8471-8478.

46 J. Khodadoust and A. M. Khodadoust, “Fingerprint indexing based on expanded delaunay triangulation,” *Expert Syst. Appl.*, vol. 81, pp. 251–267, Sep. 2017.

47 J. Khodadoust and A. M. Khodadoust, “Fingerprint indexing based on minutiae pairs and convex core point,” *Pattern Recognit.*, vol. 67, pp. 110–126, Jul. 2017.

48 J. Khodadoust and A. M. Khodadoust, “Fingerprint indexing based on minutiae pairs and convex core point,” *Pattern Recognit.*, vol. 67, pp. 110–126, Jul. 2017.

49 МІНІСТЕРСТВО СОЦІАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ. НАКАЗ № 207 від 14.02.2018. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18#n14>.

50 НПАОП. Інструкція з охорони праці під час робіт на персональному комп’ютері і відеодисплейних терміналах (31947). <https://dnaop.com/html/31947/doc-instrukcijaz-ohoroni-pracipid-chas-robit-na-personalynomu-kompjuterii-videodisplejnih-terminalah>.



# ДОДАТКИ

## Тези конференції

*IV Міжнародна студентська науково - технічна конференція  
"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ НАУКИ. АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"*

Міністерство освіти і науки України,  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя  
Маріборський університет (Словенія)  
Технічний університет в Кошице (Словаччина)  
Каунаський технологічний університет (Литва)  
Львівський національний університет  
імені Івана Франка,  
Гірничо-металургійна академія ім. Станіслава Сташиця  
(Польща)  
Луцький національний технічний університет,  
Чернівецький національний університет  
імені Юрія Федьковича,  
Вроцлавський економічний університет (Польща)  
Донбаська державна машинобудівна академія



*Студентське наукове товариство*



**IV МІЖНАРОДНА**  
**студентська науково - технічна конференція**  
**"ПРИРОДНИЧІ ТА ГУМАНІТАРНІ**  
**НАУКИ.**

**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ"**

28-29 квітня 2021 р.

*(збірник тез конференції)*

*Тернопіль 2021*

## З М І С Т

Секція:

### Інформаційні технології

Величко Д. <b>ПРОБЛЕМИ НАКОПИЧЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ВІДХОДІВ</b>	<b>3</b>
Гірша Ю. <b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В КОНТЕКСТІ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ</b>	<b>4</b>
Кузьо М. <b>ЗАСТОСУВАННЯ СТЕКУ ELK В ПРОГРАМНОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ДЛЯ КІБЕРБЕЗПЕКИ</b>	<b>5</b>
Гніздюх В., Притоцький О., Маєвський Т. <b>ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ ДЛЯ ОПРАЦЮВАННЯ ВІДОМОСТЕЙ ЩОДО COVID-19</b>	<b>7</b>
Данильців О., Хом'як А., Назаревич Т. <b>ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ПРИ ОЦІНЮВАННІ СТАНУ РОСЛИН В РОЗУМНИХ ТЕПЛИЦЯХ</b>	<b>8</b>
Kashosi Aser, Nazarevych T. <b>HEART RATE VARIABILITY ANALYSIS TOOLKIT FOR FURTHER ANALYSIS OF HUMAN STRESS</b>	<b>10</b>
Тригубець Б. <b>ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В ЕЛЕКТРОННІЙ КОМЕРЦІЇ</b>	<b>11</b>
Крамаров Ю. <b>ІНТЕГРОВАНЕ СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ APPLE XCODE</b>	<b>13</b>
Крамаров Ю. <b>СТВОРЕННЯ ВЛАСНОЇ КАРТИ ЗА ДОПОМОГОЮ APPLE МАРКІТ</b>	<b>14</b>
Мушинська Г. <b>АКТУАЛЬНІСТЬ ЧАТ-БОТУ У СФЕРІ БІЗНЕСУ</b>	<b>16</b>
Павлос В., Мацюк А., Слободян П., Яскілка О. <b>ВИБІР КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ПРОГРАМ МІСТА</b>	<b>17</b>
Пясецький В., Маєвський Т. <b>АУТЕНТИФІКАЦІЯ КОРИСТУВАЧІВ НА ОСНОВІ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ</b>	<b>19</b>
Пясецький В., Маєвський Т. <b>БИОМЕТРИЧНІ ЗАСОБИ АУТЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ</b>	<b>20</b>
Шевченко Н., Горбуляк Ю., Маєвський Т. <b>АНАЛІЗ ПРОТОКОЛУ OSPF</b>	<b>21</b>

УДК 004.4

Пясецький В.<sup>1</sup>, Маєвський Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>Технічний коледж ТНТУ імені Івана Пулюя

## БИОМЕТРИЧНІ ЗАСОБИ АУТЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ

Piasetskyi V.<sup>1</sup>, Maievskiy T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ternopil Ivan Puluj National Technical University

<sup>2</sup>Technical College of Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Ключові слова: БІОМЕТРИЯ, ЗАСОБИ, ТЕХНОЛОГІЇ.

Keywords: BIOMETRY, TOOLS, TECHNOLOGIES.

## BIOMETRIC USER AUTHENTICATION TOOLS

У сучасному світі біометричні засоби набули незамінного значення для точної ідентифікації та автентифікації громадян. Термін «біометричний» означає вимірювання біологічних характеристик окремого індивідуума, його фізіологічних та поведінкових характеристик, зокрема відбитків пальців, геометричних параметрів долоні та руки, сканування обличчя, запис голосу, фото та відео зображення райдужної оболонки, параметризація ходи, фіксація динамічних характеристик натискання клавіш, підпису тощо (див. рисунок 1) [1].



Рисунок 1.1 – Біометричні характеристики

На даний час біометричні технології використовуються для систем безпеки аеропортів та організацій, системах контролю відвідування громадян, що функціонують в режимі реального часу, криміналістиці та правоохоронних органах, приватному та комерційному секторі, мобільної біометрії, фізичного контролю доступу та системах спостереження [2]. Аутентифікація користувачів є одним з ключових елементів різнотипових програмно-алгоритмічних комплексів та застосунків. Класичні методи автентифікації користувачів, зазвичай, сформовані на основі секретної інформації, зокрема паролів, секретних маркерів на кшталт ID-картки. Поширенні методи біометричної автентифікації на основі відбитків пальців, райдужної оболонки ока та обличчя, котрі використовуються для заміни традиційних методів автентифікації.

### Література

1) A.K. Jain, A. Ross, S. Prabhakar, An introduction to biometric recognition, IEEE Trans. Circ. Syst. Video Technol. 14 (1) (2004) 4–20, doi:<http://dx.doi.org/10.1109/TCSVT.2003.818349>.

2) Singla, Nancy, Manvjeet Kaur, and Sanjeev Sofat. "Automated latent fingerprint identification system: A review." Forensic science international 309 (2020): 110187.

УДК 004.4

Пясецький В.<sup>1</sup>, Маєвський Т.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>Технічний коледж ТНТУ імені Івана Пулюя

## АУТЕНТИФІКАЦІЯ КОРИСТУВАЧІВ НА ОСНОВІ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ

Piasetskyi V.<sup>1</sup>, Maievskyi T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ternopil Ivan Puluj National Technical University

<sup>2</sup>Technical College of Ternopil Ivan Puluj National Technical University

## FINGERPRINT-BASED USER AUTHENTICATION

Ключові слова: АУТЕНТИФІКАЦІЯ, ВІДБИТОК, СИСТЕМА.

Keywords: AUTHENTICATION, IMPRESSION, SYSTEM.

Аутентифікацію користувачів на основі відбитків пальців можна умовно розділити на два класи: перевірка та ідентифікація. Для ініціалізації процесу користувачеві потрібно надати відомості щодо його особи та відбитку пальця. На наступному етапі інформаційна система здійснює перевірку відповідності наданого відбитку та збереженого еталонного відбитку – ідентифікатора користувача. Відбиток пальця складається з рельєфного рисунка шкіри, унікального для кожної людини [1]. На даний час це одна з найвизначніших та найбільш загально визнаних біометричних ознак людини. Вона активно використовується для біометричної ідентифікації громадян та перевірки особи завдяки високим показникам унікальності, постійності, універсальності, колекційно-придатності, придатності до зберігання, продуктивності при опрацюванні [2]. Завдяки активному розвитку інформаційних технологій відбуваються розроблення різнотипових автоматизованих систем ідентифікації відбитків пальців (AFIS). Системи AFIS набули широкого поширення та впровадження з метою прискорення процесів біометричної ідентифікації людей [3]. Традиційно автоматичні системи ідентифікації відбитків пальців містять дві базові функції пошуку – це пошук за десятьма відбитками та прихований пошук. Завдяки розвитку інформаційних-технологій процес біометричної ідентифікації в системах AFIS на основі десяти відбитків, на даний час, повністю автоматизований та має покращені характеристики точності та обчислювальної ефективності. Що призвело до широкого поширення систем AFIS в державних службах та правоохоронних органах. Для таких систем, згідно з періодичними оцінками, проведеними NIST, коефіцієнт FNIR – 1,9%, а коефіцієнт FPIR – 0,1% для відбитків отриманих шляхом прокочування та сканування [4].

### Література

- 1) D. Maltoni, D. Maio, A.K. Jain, S. Prabhakar, Handbook of Fingerprint Recognition, 2nd edition, Springer-Verlag, London, 2009, doi: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-84882-254-2>.
- 2) S. Jaiswal, D.S.S. Bhaduria, D.R.S. Jadon, Biometric: case study, J. Glob. Res. Comput. Sci. 2 (10) (2011) 19–48.
- 3) P. Komarinski, Automated Fingerprint Identification Systems (AFIS), Elsevier Academic Press, 2005.
- 4) C.I. Watson, G.P. Fiumara, E. Tabassi, W.J. Salamon, P.A. Flanagan, Fingerprint vendor technology evaluation, Tech. Rep. (2014), doi: <http://dx.doi.org/10.6028/NIST.IR.8034> <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ir/2014/NIST.IR.8034.pdf>.

### Порівняння до та після розвитку AFIS

	До AFIS	Після AFIS
Зберігання	Картки з 10 відбитками пальців використовуються для збереження відбитків пальців	Зразки відбитків пальців зберігаються в цифровій формі на RAID
Еквайринг Acquiring	Відбитки пальців на картках із 10 відбитками отримують за допомогою чорнила, плити та валика	Відбитки пальців отримують за допомогою сканування в реальному часі за допомогою датчиків відбитків пальців
Позначення особливостей	Відбитки пальців класифікуються та маркуються вручну	Функції відбитків пальців (дрібниці) автоматично витягуються за допомогою кодера
Аналіз	Відбитки пальців шукаються та аналізуються вручну	Відбитки пальців шукаються та аналізуються автоматично
Пошук баз даних	Можливий пошук лише локальних файлів	Можливий пошук у локальних, державних та національних базах даних
Час реакції	На отримання відповіді знадобилося кілька днів або годин	Щоб отримати відповідь, потрібно кілька хвилин