

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту  
(повна назва)

Кафедра прикладної математики  
(повна назва)

## АТЕСТАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження сучасних методів аналізу папілярних візерунків  
та їх застосувань  
(тема)

Виконав:  
студент 2 курсу, групи САУМ-18-1  
Кононенко Н.В.  
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 124 Системний аналіз  
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системний аналіз і управління  
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц. Кобзєв В.Г.  
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ПМ \_\_\_\_\_ Тевяшев А.Д.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

2019 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет інформаційно-аналітичних технологій та менеджменту

Кафедра прикладної математики

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 124 Системний аналіз

(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системний аналіз і управління

(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри ПМ \_\_\_\_\_

(підпис)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
НА АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Кононенко Назарію Віталійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження сучасних методів аналізу папілярних візерунків та їх застосування

затверджена наказом по університету від 31 жовтня 2019 р. № 1601 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 9 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до роботи програма що дозволяє швидко аналізувати зображення папілярного візерунка та на виході отримуємо зображення з виділеними на ньому особливими точками, роздвоєння та закінчення.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі \_\_\_\_\_

1. Системний аналіз проблеми виявлення локальних особливостей на зображенні папілярного візерунка

2. Вибір і обґрунтування методу розв'язання

3. Програмна реалізація

4. Результати обчислювального експерименту

5. Аналіз можливих застосувань

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій \_\_\_\_\_

1. Актуальність теми роботи \_\_\_\_\_

2. Постановка задачі \_\_\_\_\_

3. Системний аналіз проблеми \_\_\_\_\_

4. Метод чисельного аналізу \_\_\_\_\_

5. Результати обчислювального експерименту \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір та вивчення технічної літератури за темою роботи	вересень 2019 р.	виконано
2	Вибір та обґрунтування методу	жовтень – листопад 2019 р.	виконано
3	Розробка алгоритму і програми	листопад – грудень 2019 р.	виконано
4	Проведення аналітичних досліджень та розрахунків	листопад – грудень 2019 р.	виконано
5	Робота над текстом пояснювальної записки	грудень 2019 р.	виконано
6	Представлення роботи на рецензію в ЕК	грудень 2019 р.	виконано

Дата видачі завдання 2 вересня 2019 р.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ доц. Кобзев В.Г.  
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 97 с., 36 рис., 1 дод., 24 джерела.

### БІНАРІЗАЦІЯ ЗОБРАЖЕННЯ, ПАПІЛЯРНИЙ ВІЗЕРУНОК, СКЕЛЕТИЗАЦІЯ ЗОБРАЖЕННЯ, ФІЛЬТР ГАБОРА.

Об'єктом дослідження є система використання спеціальних знань про морфо-функціональні характеристики папілярних візерунків людини.

Мета дослідження полягає в пізнанні закономірностей, що лежать в основі теорії і практики використання папілярних візерунків людини та в аналізі її психофізичного стану. А також розробка програмного забезпечення, що дозволить швидко аналізувати зображення папілярного візерунка, з метою виявлення на ньому локальних особливостей.

Метод дослідження – дослідити поняття, особливості будови і властивості папілярних ліній, провести класифікацію папілярних візерунків, розглянути існуючі методи обробки зображень папілярних візерунків, а саме фільтр Габоора, та алгоритмів скелетизації зображення.

Результати дослідження можуть бути використані в криміналістиці, для вирішення задач ідентифікації особи за відбитком пальця, а також надати її психологічний портрет.

Актуальність дослідження. Ґрунтуючись на тому, що шкірні покриви формуються в період формування центральної нервової системи, можна зауважити їх зв'язок з характером людини. Дослідження в цій галузі, в майбутньому дозволять надати інформацію про особу таку як, рівень логіки, психологічний тип особи, схильність до певного виду діяльності, використовуючи лише його відбитки пальців.

## ABSTRACT

Introductory note: 97 pages, 36 figures, 1 appendix, 24 sources.

BINARYIZATION OF IMAGE, FILTER GABOR, IMAGE SQUELLATION,  
PAPILLAR VIZERUNK.

The object of research is the system of using special knowledge about the morpho-functional characteristics of human papillary patterns.

The purpose of the study is to know the laws that underlie the theory and practice of using human papillary patterns in the analysis of the human psychophysical state, also the development of software that will allow you to quickly analyze the image of the papillary pattern in order to identify local features on it.

The method of research is to investigate the concepts, features of the structure and properties of papillary lines, to classify papillary patterns, to consider existing methods of processing images of papillary patterns, namely, the Gabor filter, and algorithms of skeletalization of the image.

The results of the study can be used in criminology, for solving the tasks of identifying a person by fingerprint, as well as giving her a psychological portrait.

Relevance of research. Based on the fact that the skin is formed during the formation of the central nervous system, one can notice their connection with the nature of the person. Research in this area will allow in the future to provide information about the person such as the level of logic, the psychological type of person, the tendency to a certain type of activity, using only his fingerprints.

## ЗМІСТ

	С.
Вступ .....	9
1 Системний аналіз проблеми виявлення локальних особливостей на зображенні папілярного візерунка.....	11
1.1 Системний аналіз проблеми знаходження особливих точок.....	11
1.1.1 Вербальна модель системи.....	11
1.1.2 Морфологічний опис системи .....	12
1.1.3 Функціональна модель системи.....	13
1.1.4 Інформаційна модель .....	14
1.2 Аналіз сценаріїв вирішення проблеми виявлення та відокремлення особливих точок на зображенні папілярного візерунка .....	15
1.2.1 Модель аналізу проблеми.....	15
1.2.2 Модель вирішення проблеми.....	16
1.3 Змістовна та формальна постановка задачі .....	17
1.3.1 Змістовна постановка задачі .....	17
1.3.2 Формальна постановка задачі .....	18
1.4 Постановка задач дослідження .....	18
2 Поняття і особливості будови папілярних ліній .....	19
2.1 Основні деталі папілярних ліній.....	19
2.2 Пори на папілярних лініях .....	22
2.3 Флексорні лінії.....	23
2.4 Рубці і шрами.....	24
2.5 Класифікація папілярних візерунків .....	25
2.5.1 Дуговий візерунок.....	25
2.5.2 Петльовий візерунок.....	27
2.5.3 Завитковий візерунок.....	31
3 Зв'язок папілярних ліній та характером людини .....	35
3.1 Особливі точки .....	35

3.2	Характер ліній.....	36
3.3	Екстраверсія та інтроверсія .....	37
3.2	Активність півкуль головного мозку .....	40
3.3	Рівень лідерства .....	41
4	Обробка зображення папілярного візерунка .....	42
4.1	Методи виділення границь об'єкта на зображенні.....	42
4.1.1	Фільтр Габора.....	42
4.1.2	Оператор Собеля .....	44
4.1.3	Алгоритм пошуку границь Кенні.....	46
4.2	Алгоритм бінарзації зображення методом Отсу.....	48
4.3	Алгоритми скелетизації зображення.....	51
4.3.1	Поняття скелетизації та її види.....	51
4.3.2	Алгоритм скелетизації застосуванням шаблонів.....	53
4.3.3	Алгоритм скелетизації Зонга-Суня .....	54
4.4	Алгоритм знаходження особливих точок.....	56
4.5	Алгоритм розпізнавання відбитку.....	57
5	Розробка програмного забезпечення для аналізу зображення папілярного візерунка .....	59
5.1	Опис можливостей програми.....	59
5.1.1	Характеристика задачі .....	59
5.1.2	Вхідна інформація .....	60
5.1.3	Вихідна інформація.....	61
5.1.4	Алгоритм роботи програми.....	61
5.2	Результати експерименту .....	62
5.2.1	Обробка зображення фільтром Габора .....	62
5.2.2	Бінарзація відбитку пальця .....	65
5.2.3	Побудова скелету папілярного візерунка.....	66
5.2.4	Виділення особливих точок на зображенні.....	67
5.2.5	Реалізація алгоритму розпізнавання відбитку пальця.....	68

Висновки .....	71
Перелік джерел посилання .....	72
Додаток А .....	74

## ВСТУП

Актуальність дослідження. Розвиток дерматогліфіки як науки, що вивчає зовнішню будову папілярного рельєфу, довело її виняткову інформативність, що дозволяє вирішувати широке коло завдань судової медицини, криміналістики і антропології.

Дослідження папілярних візерунків мають дві мети. Перша мета – виявити відмінності конкретних людських моделей від моделей всіх інших людей. Друга мета – дослідити психофізичний стан людини.

Патерни відбитків пальців мають кілька загальних функцій. Вони містять папілярні лінії, які мають однаковий анатомічний характер, властивості, такі як зовнішні порізи і деталі структури.

Відомо, що шкірні покриви формуються в період формування центральної нервової системи. Тому дерматогліфічні ознаки можна розглядати як оригінальні маркери центральної нервової системи та морфологічної організації.

У слідах рук (пальців і долонь) зберігається інформація, яка дозволяє встановити психофізичний стан окремої людини. Ця можливість обумовлена індивідуальністю будови шкіри на пальцях і долонях рук кожної людини.

На думку ряду авторів, характер людини, який визначається за папілярних узорів, доцільно виражати через відомі характеристики людини, які використовуються на сучасному етапі в аналітичній психології. До таких основних психофізіологічних характеристик відносяться відкритість людини (рівень екстра / інтроверсії), рівні розвитку емоційності і логіки (рівень ліво/право-полушарності). Згідно з останніми науковими даними, рівень лідерства особистості, хоча і не є основним параметром, але вивчення на його прикладі можливостей прояви довільних рис характеру і емоційних параметрів людини, одержуваних при аналізі малюнків пальців.

За рахунок зростаючих можливостей програмно-технічних комплексів стають доступними оперативний аналіз папілярних візерунків, що швидко

знайшло своє застосування в криміналістиці. Високий рівень аналізу дактилоскопічних даних дозволяє не тільки ідентифікувати суб'єкта злочину, а й дати його психологічний портрет.

Об'єктом дослідження є система використання спеціальних знань про морфо-функціональних характеристиках папілярних візерунків людини.

Предмет дослідження – закономірності, що лежать в основі ідентифікаційних і діагностичних досліджень папілярних візерунків людини, що здійснюються з метою встановлення його особи, а також пов'язані з ними закономірності формування гребінкової шкіри, трансформації її морфологічних властивостей в відображення і їх використання в процесі аналізу характеру людини.

Мета дослідження полягає в пізнанні закономірностей, що лежать в основі теорії і практики використання папілярних візерунків людини в аналізі психофізичного стану людини.

Ця мета зумовила постановку конкретних завдань, які полягають в наступному:

- дослідити поняття, особливості будови і властивостей папілярних ліній;
- провести класифікацію папілярних візерунків;
- розглянути особливості обробки зображень папілярних візерунків;
- розробка програми для обробки зображень з метою побудови скелета відбитку пальця і знаходженнями на ньому особливих точок (роздвоєння, і закінчення) а також у подальшому розпізнанні відбитку пальцю.

## **1 СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ВИЯВЛЕННЯ ЛОКАЛЬНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ НА ЗОБРАЖЕНІ ПАПІЛЯРНОГО ВІЗЕРУНКА**

### 1.1 Системний аналіз проблеми знаходження особливих точок

#### 1.1.1 Вербальна модель системи

Метою системи є виявлення, виділення та відокремлення особливих точок на зображенні відбитку пальця. Система складається з обчислювального пристрою та програми, що реалізує алгоритм обробки. Під обчислювальним пристроєм мається на увазі засіб, який можна застосувати для виконання обчислень, це може бути як робоча станція, так і портативний пристрій, але основною середою виконання вважаємо персональний комп'ютер і будемо відштовхуватися від його швидкодії.

На вході системі маємо потік сирих даних, а саме зображення відбитку пальця.

На виході системи ми повинні отримати зображення з виділеним на ньому особливими точками відбитку пальця, а саме мінуції закінчення та роздвоєння.

Нам необхідно розробити алгоритм обробки даних, який буде найбільш стабільно та безпомилково виділяти особливі точки.

Засіб керування – комп'ютерна програма, яка реалізує оптимальний метод пошуку особливих точок відбитку пальця.

Об'єкт керування – зображення папілярного візерунка, отриманого зі сканеру.

### 1.1.2 Морфологічний опис системи

На рисунку 1.1 показані основні складові системи, а саме:

- електронний обчислювальний пристрій (ЕОП);
- керуюча програма, яка реалізує алгоритм пошуку особливих точок на зображенні;
- користувач.

На вхід ЕОП подається сире зображення папілярного візерунка, після обробки на виході отримуємо зображення з виділеними на ньому особливими точками.

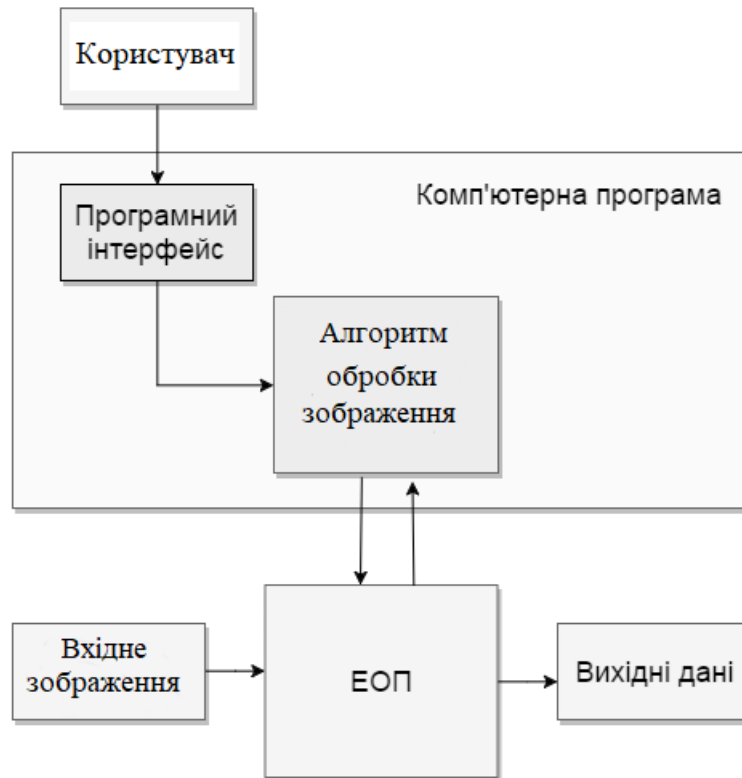


Рисунок 1.1 – Морфологічна модель системи

### 1.1.3 Функціональна модель системи

Функціональну модель системи представимо в методології IDEF0.

IDEF0 – методологія функціонального моделювання і графічного описання процесів, призначена для формалізації і опису бізнес-процесів. Особливістю IDEF0 є її акцент на ієрархічне представлення об'єктів, що значно полегшує розуміння предметної області. В IDEF0 розглядаються логічні зв'язки між роботами, а не послідовність їх виконання в часі. На рисунку 1.2 та 1.3 зображені перший та другий рівні моделі IDEF0



Рисунок 1.2 – Перший рівень моделі IDEF0

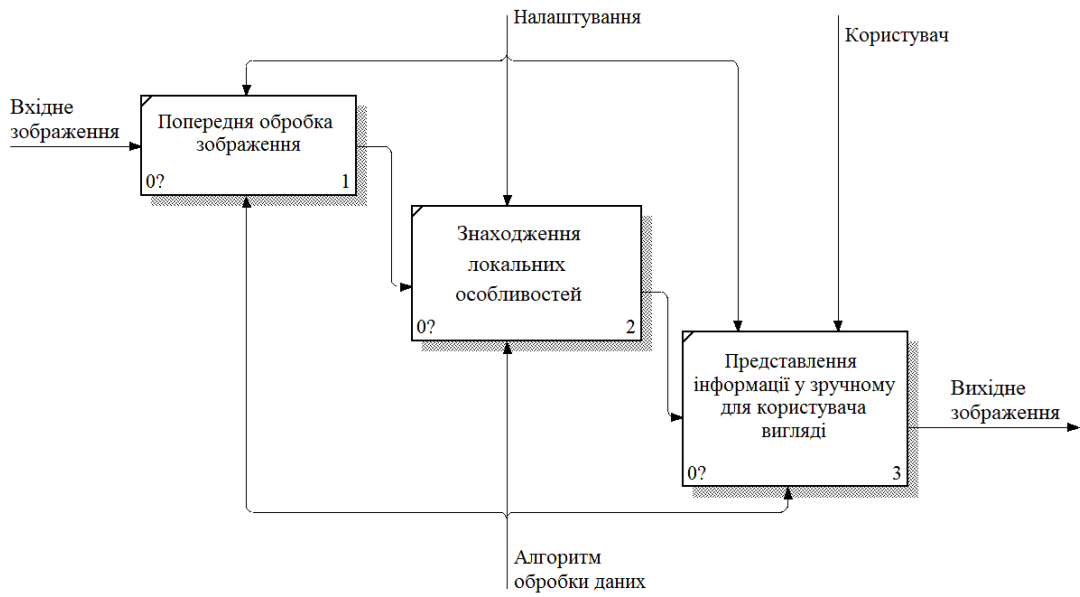


Рисунок 1.3 – Другий рівень моделі IDEF0

### 1.1.4 Інформаційна модель

Інформаційну модель системи представимо у вигляді моделі DFD.

DFD – модель проектування, графічне представлення «потоків» даних в інформаційній системі.



Рисунок 1.4 – Контекстна діаграма DFD

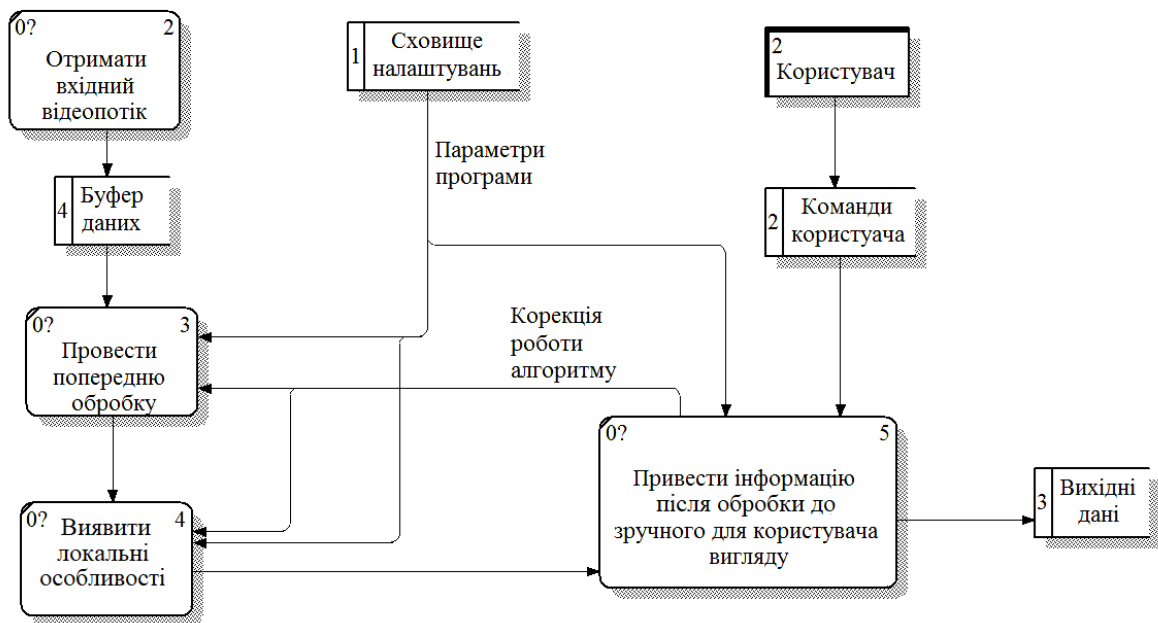


Рисунок 1.5 – Перший рівень моделі DFD

## 1.2 Аналіз сценаріїв вирішення проблеми виявлення та відокремлення особливих точок на зображенні папілярного візерунка

### 1.2.1 Модель аналізу проблеми

Об'єктом дослідження є зображення папілярного візерунка. Проблема полягає в тому, що інформація знаходиться, яка зберігається в сирому наборі даних, важко доступна для аналізу через наявність шуму на зображенні.

Ціль системи полягає в обробці зображення з метою зменшення шуму, відстеженні та відокремленні особливих точок на зображенні.

Вирішенням проблеми є набір алгоритмів, які зможуть знизити рівень шуму на зображенні, видалити пікселі які не несуть суттєвої інформації, та не пошкодити важливих елементів зображення.

Розіб'ємо властивості системи на ряд незадоволеностей, який розіб'ємо на три групи.

Бажані властивості:

- а) висока швидкість роботи;
- б) низька ймовірність помилок у розпізнаванні особливих точок;
- в) висока кількість одночасно відстежуваних об'єктів;

Критичні властивості:

- а) надвисока ймовірність помилок другого роду;
- б) низька якість розпізнавання на зашумленому зображенні;
- в) пропуск локальних особливостей.

Небажані властивості:

- а) необхідність у надпотужних та коштовних обчислювальних пристроях;
- б) велика кількість пропущених особливих точок;
- в) потрібність налаштування алгоритму під кожен випадок окремо.

### 1.2.2 Модель вирішення проблеми

Для вирішення проблеми необхідно розкласти її на прості частини та встановити відповідні взаємодії між ними.

Дана проблема добре розкладається згідно її функціональної моделі на декодування вхідних даних, попередню обробку зображень, саме виявлення особливих точок та обробку вихідних даних.

Кожна частина може оброблятися в окремій функції програми, згідно з принципами мови програмування.

Найважливіше визначитись з типом алгоритму пре обробки зображення. За результатами метода аналізу ієрархії, найважливішими властивостями для нас є швидкодія, відсутність потреби у спеціалізованих обчислювальних пристроях та мінімізація ймовірності помилок виявлення особливих точок, це потрібно мати на увазі при порівнянні методів.

## 1.3 Змістовна та формальна постановка задачі

### 1.3.1 Змістовна постановка задачі

Мета роботи – розробка метода, який з інформації, збереженої в зображенні папілярного візерунка, отримає дані про особливі точки на ньому. Алгоритмічний метод повинен виявляти особливі точки двох типів закінчення та роздвоєння.

Обробка зображень набула дуже широкого розповсюдження в наш час, але програм що реалізують задачу аналізу папілярного візерунка невелика кількість та зазвичай вони погано виконують поставлену задачу, дають хибні спрацьовування та інші помилки. Також існують професійні системи аналізу відбитків пальців, які зазвичай використовуються в криміналістиці, але вони мають закритий код та високу вартість, що робить їх непридатними для масового використання. Отже, потрібен швидкий алгоритм, який може виконуватися на звичайному персональному комп'ютері або іншому розповсюдженому пристрої.

Обробка зображення найчастіше полягає в:

- зменшені кількості шуму на зображенні;
- аналізу границь зображення;
- пошуку певних елементів зображення, обчисленні характеристик зображення.

Залежно від поставленого завдання, над зображенням може послідовно виконуватися одна або кілька подібних перетворень, які можуть включати такі операції, як обробка фільтрами згладжування, виділення країв, зміни контрастності, яскравості, колірного простору та ін. Перетворювачі, що виконують подібні дії називатимемо фільтрами, оскільки їхні уділи програмного коду, реалізують не що інше, як алгоритми фільтрації.

### 1.3.2 Формальна постановка задачі

Зображення папілярного візерунка потрібно перетворити до зручного до застосування вигляду. Кожне зображення складається з пікселів, які формують матрицю зображення. В обробці зображення папілярного візерунка дуже важливою є точність отриманих результатів. Ця задача зумовлює необхідність використання методів обробки зображення з метою покращення якості зображення. Для цього використаємо фільтр Габора, який дозволяє отримати зображення з меншою кількістю шуму, що дозволить отримати більшу точність у результатах обробки зображень.

Перед використанням більш складних алгоритмів пошуку особливих точок необхідно зменшити вхідний об'єм інформації за допомогою використання простих фільтрів. Для вирішення таких задач в обробці зображень папілярних візерунків часто використовують алгоритми скелктизації.

### 1.4 Постановка задач дослідження

Об'єкт дослідження – зображення відбитку пальця.

Предмет дослідження – алгоритмічний метод виявлення та відокремлення особливих точок.

Мета дослідження – розробити оптимальний алгоритмічний метод виявлення особливих точок на зображенні та встановити їх тип.

Виявлення особливих точок складається з декількох етапів зазначених вище. Для реалізації кожного етапу на даний момент вже існує велика кількість методів. Нам потрібно дослідити властивості основних методів, порівняти їх з необхідними властивостями, які ми отримали у результаті системного аналізу, обрати найбільш доречні до нашої задачі та об'єднати їх.

## 2 ПОНЯТТЯ І ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ ПАПІЛЯРНИХ ЛІНІЙ

### 2.1 Основні деталі папілярних ліній

Папілярні лінії і візерунки (від лат. Papilla – сосок), сосочкові лінії, лінії, що покривають долонні і підошовні поверхні, включаючи пальці, у людини, приматів і деяких інших ссавців. Являють собою лінійні потовщення, як у глибині, так і на поверхні епідермісу. Забезпечені великою кількістю чутливих нервових закінчень. Папілярні лінії і візерунки утворюються в утробному періоді, їх малюнок все життя залишається незмінним. Можуть служити ознаками-маркерами генотипу.

Нижче представлені і описані основні деталі папілярних ліній.



Рисунок 2.6 – Основні деталі папілярних ліній

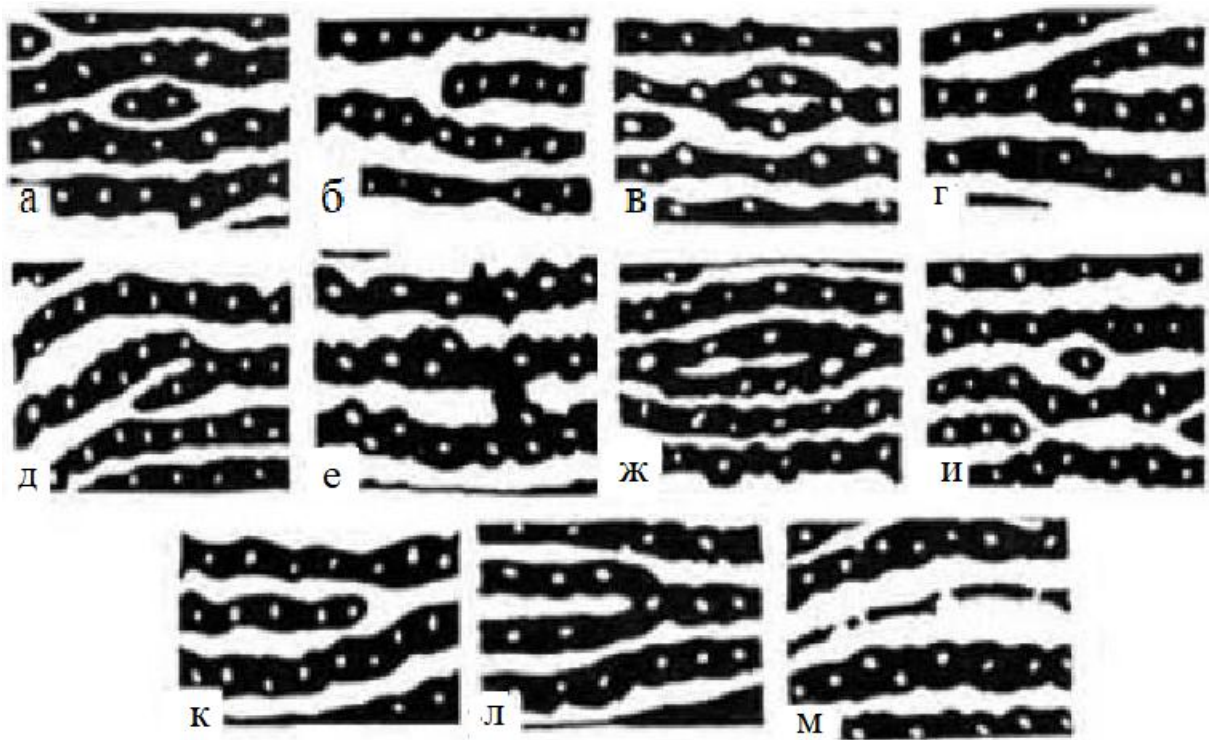


Рисунок 2.7 – Деталі будови папілярного візерунка

На рисунку 2.7 показано:

- а) фрагмент папілярної лінії;
- б) початок папілярної лінії;
- в) око;
- г) розгалуження папілярної лінії;
- д) гачок;
- е) місток;
- ж) острівцець;
- и) папілярна точка;
- к) закінчення папілярної лінії;
- л) злиття папілярної лінії;
- м) тонкі між папілярні лінії.

Папілярні лінії закінчуються або починаються, з'єднуються або розщеплюються. Так утворюються приватні ознаки або особливості: закінчення і початку ліній, з'єднання і розгалуження ліній. Таке дроблення ознак умовно

[3]. Відомі роботи, в яких виділяється до 13 особливостей: закінчення лінії, розщеплення лінії, фрагмент, «Острівець», точка, примикання, «місток», «гачок», дельта, перетин потроєння лінії, переривання лінії, інші признаки [4]. Фактично це складові ознаки, які можуть бути синтезовані комбінацією розщеплення і закінчень. Тому зазвичай для методів автоматичного кодування зображень виділяють два типи особливостей: закінчення і розгалуження лінії [5]. Закінчення і розгалуження можуть переходити одне в інше (мутувати) в залежності від умов слідотворення, стану шкіри і властивостей слідотворюючого матеріалу. Кількість особливостей сильно варіює на різних дактилоскопічних зображеннях.

Виходячи із загальної теорії криміналістики, початок папілярної лінії визначається в потоці за годинниковою стрілкою, т. Е. Зліва направо або зверху вниз. Папілярна лінія виникає в потоці і початок її не стикається з сусідніми лініями; при цьому проміжок між лініями слід відрізнати від пори. Сама виникла в потоці папілярна лінія повинна бути в візерунку довше 2 мм. Папілярна лінія закінчується в потоці, не стикаючись з сусідніми лініями (інші умови ті ж, що і для початку лінії). Одна з папілярних ліній в потоці розходить на дві лінії, при цьому на ділянці роз'єднання немає просвіту. Обидві отримані в результаті розгалуження лінії повинні бути в візерунку довше 2 мм. Розгалуження дуже рідко буває потрійним, коли одна лінія розділяється на три. Дві папілярні лінії в потоці зливаються в одну. Обидві злилися лінії в візерунку повинні бути довшим 2 мм. Іноді злиття буває потрійним, коли в одну лінію з'єднуються відразу три папілярні лінії. Від однієї папілярної лінії відгалужується коротка лінія і приєднується до сусідньої. Довжина цього відростка в візерунку повинна бути не більше 2 мм. Якщо відросток довший за 2 мм, відзначаються дві самостійні деталі – розгалуження і злиття ліній.

## 2.2 Пори на папілярних лініях

При визначенні окремих деталей узору використовувалася класифікація приватних ознак, розроблена П.Г. Орловим [6] (рис. 2.8)



Рисунок 2.8 – Пори на папілярних лініях

При дослідженні пір враховується наступне:

- розташування потових отворів щодо осі папілярної лінії – в центрі лінії, кілька правіше або лівіше (відповідно трохи вище або нижче), у краю папілярної лінії;
- розташування потових отворів на одній папілярній лінії, на сусідніх папілярних лініях;
- розмір проміжків між порами (для цієї ознаки слід враховувати можливість деформації папілярної лінії);
- розмір пір;
- форма пір кругла.

Папілярні лінії, особливо на долонях і підшвах, не тягнуться безперервно на великій відстані. Вони зазвичай перериваються або флексорними лініями, складками, або зморшками, білими лініями, а іноді рубцями і шрамами. Важливим є розташування цих ознак в папілярному візерунці [7]. Велике значення вони мають при пошуку ділянки шкірної

поверхні, яким залишено слід (особливо це стосується слідів долонь).

При аналізі слід враховувати не тільки розташування наданих ознак, але і їх форм, розміри, особливості будови окремих ділянок.

### 2.3 Флексорні лінії

Флексорні лінії і зморшки залишають в слідах і відбитках широкі світлі смуги часто з нерівними краями

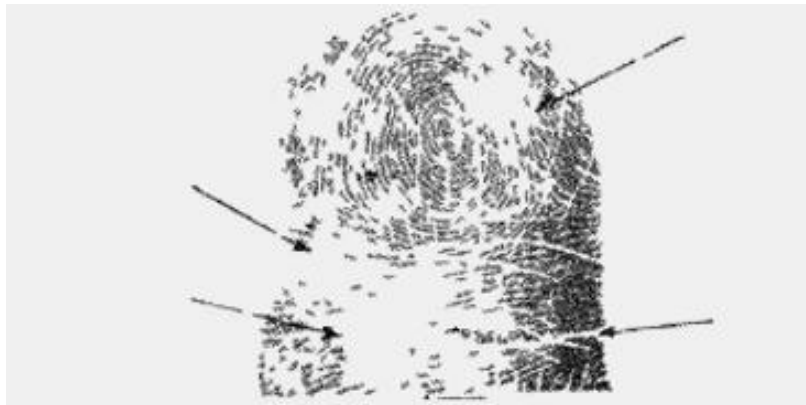


Рисунок 2.9 – Флексорні лінії та зморшки

Білі лінії – це відображення в слідах і відбитках своєрідних багнистих лінійних заглиблень на шкірі, що нагадують зморшки. Вони спостерігаються у людей різного віку. Походження білих ліній точно не встановлено. Іноді вони бувають кілька вигнутими або роздвоюються. Слід врахувати, що білі лінії не постійні і можуть зникати або з'являтися на нових ділянках. На рис. 8 показаний відбиток пальця, в якому відобразилася флексорная складка між нігтьової і середньою фалангою, а також білі лінії в відбитку нігтьової фаланги.

## 2.4 Рубці і шрами

Рубці і шрами можуть бути на будь-яких відбитки пальців і долонь, де вони легко помітні, тому що являють собою характерні відображення зарубцевавшейся тканини. Рубці і шрами найчастіше мають нерівні краї, але іноді нагадують білі лінії. Малюнок шрамів і рубців з роками зазвичай не змінюється, в зв'язку, з чим їх форма, розміри і особливості можуть бути використані для ідентифікації (рисунок 2.10)



Рисунок 2.10 – Шрам (вказано стрілками) на відбитку пальця.

На долонній поверхні інших фаланг пальців папілярні лінії не утворюють таких характерних візерунків, як на нігтьових фалангах. Лінії тут зазвичай мають форму дуг або нахилені.

Папілярні лінії на окремих ділянках долонь нагадують дуги, петлі та зрідка завитки. Цілковито чітко бувають виражені дельти. Але в більшості випадків поруч з такими побудовами в відбитках долонь спостерігаються досить довгі папілярні лінії. Тому за рідкісним винятком відбитки долонь неважко відрізнити від відбитків пальців. Деталі будови візерунків як на основних і середніх фалангах пальців, так і на долонях нічим не відрізняються від аналогічних деталей на нігтьових фалангах пальців [8].

## 2.5 Класифікація папілярних візерунків.

### 2.5.1 Дуговий візерунок

Папілярні візерунки на нігтьових фалангах пальців рук діляться на три основних типи – дугові, петльові, завиткові [9].

Дугового візерунок складається з двох потоків папілярних ліній – нижнього і верхнього. Дугові візерунки утворюються верхнім потоком папілярних ліній, який в середній частині має вигин – внутрішню дугу, будова і форма якої служать для підрозділу дугових візерунків на види (рисисунок 2.11)



Рисунок 2.11 – Дуговий візерунок

Простий дугового візерунок – папілярні лінії в середній частині візерунка утворюють невеликий, щодо плавний підйом.

Шатровий дугового візерунок – папілярні лінії в середній частині візерунка утворюють крутий вигин з декількома вертикальними лініями в середині. Різновидами шатрових дугових візерунків є ялинко-подібні і пірамідальні.

З невизначеним будовою центру – папілярні лінії утворюють невизначений візерунок, які не можна віднести до якогось певного виду.

Хибно-петльові дугові візерунки – папілярні лінії утворюють візерунок, який нагадує петлевий, але таким не є. Бувають такі помилково-петльові візерунки:

- дві лінії сходяться під кутом в одну, але не утворюють напівкруглої головки, характерною для петльових візерунків;

- дві лінії сходяться під кутом і тривають у вигляді однієї, не утворюючи при цьому головку петлі. Між ними можуть знаходитися одна або кілька ліній, які підсилюють ефект хибності;

- головка внутрішньої петлі зливається з лінією, що є частиною зовнішнього потоку і йде в нього, минаючи неправдиву дельту.

Помилково-завиткові дугові візерунки – папілярні лінії внутрішньої частини дуги утворюють візерунок, який нагадує завитковий, але таким не є через відсутність особливостей, що визначають завиткові візерунки.

Рідко зустрічаються візерунки, які стосуються дуговим – це петлі-клубки або вигнуті петлі, головки яких розташовані біля країв візерунка, а центральна частина вигнута. З огляду на неповного відображення в сліді або на дактилокарті класифікуються як дугові [10].

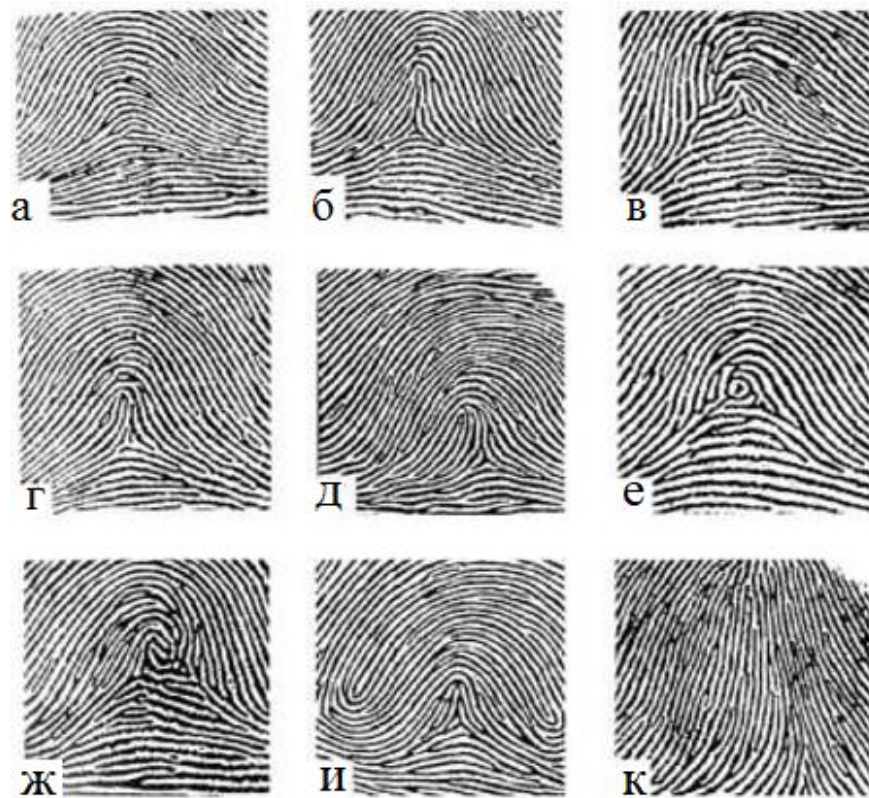


Рисунок 2.12 – Види дугових візерунків.

На рисунку 2.12 наведені ілюстрації дугових візерунків, а саме:

- а) простий дугового візерунок;
- б) шатровий дугового візерунок;
- в) дугового візерунок з невизначеним будовою центру;
- г) хибно-петльові дугові візерунки;
- д) хибно-завитковиткові дугові візерунки;
- е) рідко зустрічається узор, що відноситься до дугових;
- ж) аномальний візерунок.

### 2.5.2 Петльовий візерунок

Петльовий візерунок складається з трьох потоків папілярних ліній – нижнього, середнього і верхнього. Нижній потік починається у одного краю

візерунка і перетинає його до протилежного краю. Середній потік починається у одного краю візерунка, утворює петлю і повертається до того ж краю. Верхній потік починається у одного краю, сходить до нігтьового краю і закінчується на протилежному боці узору внизу.

У петлевом візерунку виділяють центр і дельту [11].

Центр візерунка – точка повороту папілярної лінії, що утворює саму внутрішню петлю середнього потоку папілярних ліній.

Дельта – місце, в якому сходяться три потоки папілярних ліній: нижній, верхній і середній.

Сама увігнута частина центральної петлі називається голівкою петлі, інша частина – ніжки петлі. Верхня точка головки петлі, яка розділяє її на дві рівні частини, називається вершиною петлі.



Рисунок 2.13 – Петьовий візерунок

Види петльових візерунків:

а) простий петлевий візерунок – папілярні лінії розташовані паралельно один одному, головка петлі має напівкруглу форму;

б) вигнутий петлевий візерунок – папілярні лінії, що утворюють головку петлі, зігнуті таким чином, що вершина петлі звернена до основи візерунка;

в) половина петлевий візерунок – ніжки однієї або декількох вхідних одна в іншу петель з одного боку зливаються в лінію;

г) замкнене петлевий візерунок – ніжки однієї або декількох петель зливаються або знаходяться на одній папілярній лінії;

д) паралельні петлі – внутрішній малюнок складається з двох відокремлених один від одного паралельних петель;

е) зустрічні петлі – внутрішній малюнок складається з двох петель, які розташовані головками до центру, а ніжками до протилежних країв візерунка;

ж) помилково-завиткові петльові візерунки – папілярні лінії утворюють візерунок, який зовні схожий на завитковий, однак не має ознак замкнених і половинчастих петель і не утворює кола, овалу або системи петель-клубків, характерних для завиткових візерунків;

и) рідко зустрічаються візерунки, які стосуються петльових – це петлі-клубки і вигнуті петлі, головки яких розташовані біля краю візерунка, а центральна частина має петлевий візерунок. З огляду на неповного відображення в сліді або на дактилокарті (при недопрокатці) класифікуються як петлевий [12].

Крім перерахованих видів петльові візерунки підрозділяються на ульнарні (ніжки петель спрямовані в бік мізинця) і на радіальні (ніжки петель спрямовані в бік великого пальця).

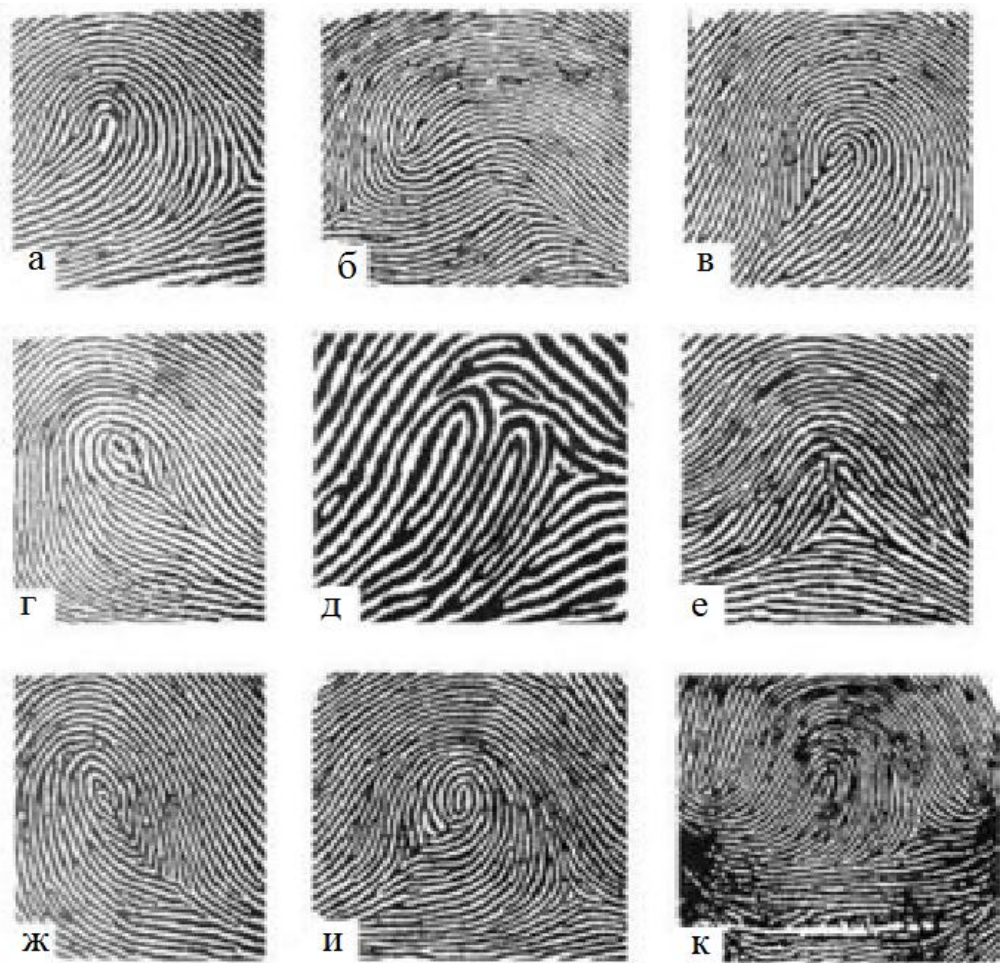


Рисунок 2.14 – Види петльових папілярних візерунків.

На рисунку 2.14 наведені ілюстрації петльових візерунків, а саме:

- а) простий петлевий візерунок;
- б) вигнутий петлевий візерунок;
- в) половинчастий петлевий візерунок;
- г) замкнутий петлевий візерунок «петля-ракетка»;
- д) петлевий візерунок з системою петель «паралельні петлі»;
- е) петлевий візерунок з системою петель «зустрічні петлі»;
- ж) хвилю-завиткові петльові візерунки;
- и) рідко зустрічається узор, що відноситься до петльовим.

### 2.5.3 Завитковий візерунок

Завитковий візерунок складається з трьох потоків. Нижній і верхній потоки розташовуються аналогічно нижньому і верхньому потокам в петльовому візерунку. Середній потік виявляється повністю замкнутим серед верхнього і нижнього. Таке розташування потоків супроводжується наявністю двох дельт – лівої і правої [13].

Центр завиткового візерунка – точка, розташована в центральній частині внутрішнього потоку папілярних ліній.



Рисунок 2.15 – Завитковий візерунок

Виды завиткових візерунків:

а) простий кругової – папілярні лінії утворюють внутрішній малюнок у вигляді замкнутих кіл, овалів, еліпсів;

б) простий спіралевидні – папілярні лінії утворюють внутрішній малюнок у формі спіралей, які роблять навколо своєї осі не менше одного обороту;

в) петлі-спіралі – папілярні лінії утворюють візерунок у вигляді двох самостійних петель, вигнутих спіраллю і огинають один одного;

г) петлі-клубки – візерунок, що складається з двох самостійних петель. При цьому одна з петель огинає головку іншої петлі. Ніжки петель звернені або до одного краю візерунка (односторонні) або до двох протилежних краях (різнобічні);

д) равлик – візерунок, що складається з двох потоків папілярних ліній, які починаються у протилежних країв і сходяться, огинаючи один одного, в середині візерунка;

е) вигнута петля – візерунок, в якому папілярні лінії утворюють петлю, головка якої опущена до основи і розташована між двома дельтами;

ж) неповний завитковий візерунок – візерунок, в якому папілярні лінії внутрішнього потоку утворюють неповні кола (овали) або спіралі. Своєю опуклою стороною вони звернені до дельті (дельт), а у верхній частині обгинаються петльовими або дугоподібними лініями зовнішнього потоку. Неповні кола (овали) повинні мати довжину окружності розміром не менше половини кола (овалу);

и) рідко зустрічається завитковий візерунок – візерунок, в якому папілярні лінії внутрішнього потоку утворюють круги і петлі, спіралі і петлі, безсистемно розташовані папілярні лінії складної форми [14].

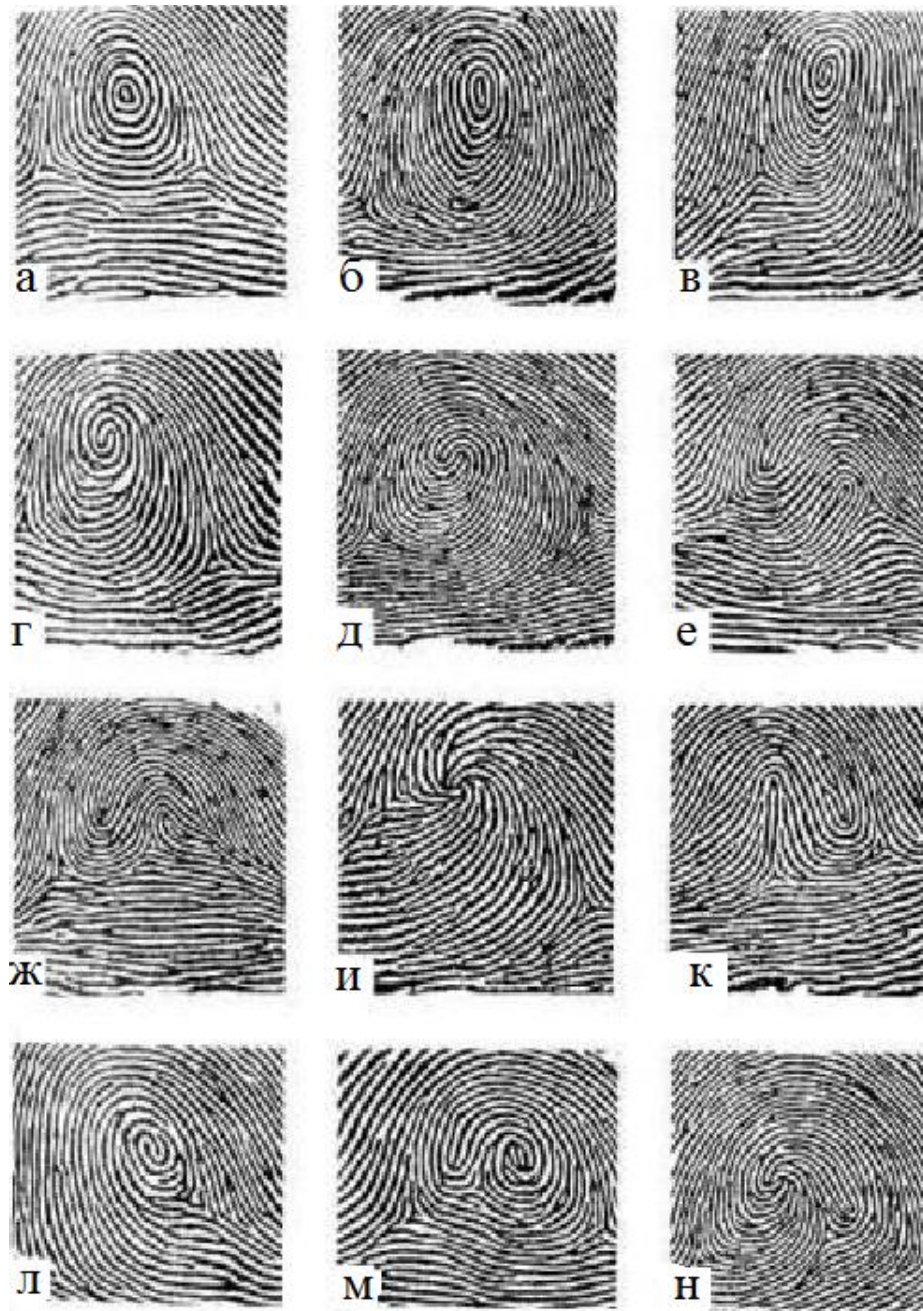


Рисунок 2.16 – Види завиткових папілярних візерунків.

На рисунку 2.16 наведено ілюстрації завиткових візерунків, а саме:

- а) простий завитковий візерунок – коло;
- б) простий завитковий візерунок – овал;
- в) простий завитковий візерунок – спіраль;
- г) петля-спіраль;
- д) петлі-спіралі;

- е) петлі-клубки з різнобічним становищем ніжок петель;
- ж) петлі-клубки з одностороннім розташуванням ніжок петель;
- и) петля-равлик;
- к) вигнута петля;
- л) неповний завитковий візерунок;
- м) завитковий візерунок що рідко зустрічаються;
- н) частковий завитковий візерунок.

Завитковий візерунок зустрічається у 30% випадках.

Ідентифікаційна значимість приватних ознак визначається частотою їх народження. Так, початку і закінчення папілярних ліній зустрічаються в 20-25 разів частіше, ніж перерви, гачки, або очі, в 25 разів частіше, ніж містки, тому ідентифікаційна значимість останніх вища.

### 3 ЗВ'ЯЗОК ПАПІЛЯРНИХ ЛІНІЙ ТА ХАРАКТЕРОМ ЛЮДИНИ

Розглянемо зв'язок між типами малюнка і характером людини за допомогою основних законів фізики та елементарної логіки.

Дерматогліфіка (Dermatoglyphics) – наука, що вивчає папілярні лінії, бачить свої завдання ширше: її цікавить не ідентифікація людини, а складання його психологічного портрета і генетичного паспорта. Здається, що найбільш корисно проаналізувати пальцеві малюнки вже в дитячому віці. Тоді ви будете знати, до якими хворобами дитина схильна, які якості характеру треба розвивати з дитинства, в якій області найбільш повно розкриється його особистість і навіть якийсь вид спорту йому рекомендований. Погодьтеся, що важливо знати, наскільки розвинені в дитині риси лідера, що можна порадити йому в плані професійної орієнтації, чи здатний він до творчості. Про все це можуть розповісти вам відбитки пальців. Зрозуміло, все це цікаво знати і про дорослій людині. Адже нас завжди цікавить, як нам стежити за здоров'ям, до кінця чи розкритий наш творчий потенціал, чому нам з кимось спілкуватися легко, а з кимось просто протипоказано. Наші кінчики пальців можуть підказати дуже багато.

#### 3.1 Особливі точки

Особливі точки є основою для ідентифікації особи людини в криміналістиці. Ідентифікація людини за особливими точкам не є випадковим явищем, так як кількість і тип особливих точок не тільки визначають вид зображення відбитка пальця, але і характеризують розгалуженість нервової системи і мозкової структури людини, а значить, впливають на тип характеру і поведінку людини. Тут також можна застосувати досить простий принцип – більшу кількість особливих точок свідчить про більш високу мозкової

активності і про більш складної структурованості мозку, отже, визначає і більш складний характер поведінки.

Слід враховувати, що існує певна кількість людей (приблизно 5-10%), у яких папілярний малюнок зашумлений флексорними лініями. Існує кілька причин появи таких відбитків, це може бути механічне пошкодження шкіри, опіки, зморшки і т.д., але всі ці лінії і точки не мають відношення до папілярних ліній, однак можуть давати помилки і зайві відклики при автоматичній програмній обробці. Природно, що при обробці результатів слід звертати на це увагу і коригувати результати аналізу з урахуванням можливих помилок. Статистичний аналіз показує, що співвідношення між роздвоєним і закінченнями папілярних ліній також є інформативним. Люди з істотним переважанням розгалужень є більш амбітними, ніж люди з переважанням особливих точок у вигляді закінчень ліній. Ймовірно, це також пов'язано з особливостями структури мозку та мозкової діяльності, хоча механізм цього явища не досить ясний. У даній роботі висловлюється припущення, що особливі точки являють собою мінімальний біт генетичної інформації, причому, якщо в інформатиці можливо двійкове кодування 0 і 1, то інформація про спадкових здібностях людини кодується в відбитках закінченнями (0) або роздвоєнням ліній (1).

### 3.2 Характер ліній

Основним параметром, що характеризує розташування папілярних ліній, є середня відстань між лініями. У класичній дактилоскопії при знятті повної прокатки відбитків пальців досить інформативним вважається локальний гребеневий рахунок, тобто кількість ліній, розташованих від дельти до центру малюнка. Однак при знятті плоских відбитків електронними сканерами цей параметр майже завжди виявляється недоступним і, отже, не піддається

програмної обробці. Тому ми не використовуємо його в своїх розрахунках, тим більше, що сенс взаємозв'язку цього параметра з характером людини також не визначений. Люди з незначною відстанню між лініями зазвичай більш контактні і добре працюють в команді. Люди зі значною відстанню між папілярними лініями по природі більш індивідуалістичні, це лідери або диктатори. Також, досить часто, люди з підвищеним відстанню між лініями володіють екстрасенсорними здібностями, здатністю до гіпнозу і навіювання. У психології існує таке поняття як простір спілкування, яке визначає комфортну відстань, на якому людина вважає за краще знаходитися від іншої людини, причому для товариських людей це відстань значно менше, ніж для індивідуалістів. Деяким біологічним аналогом цієї відстані і є середня відстань між лініями.



Рисунок 3.17 – Петльові типи з різною відстанню між папілярними лініями

### 3.3 Екстраверсія і інтроверсія

Наведені вище опису характеризували кожен відбиток пальця окремо, а у людини 10 пальців, і основне завдання дерматогліфіки полягає в тому, щоб дати інтегральну характеристику характеру, ґрунтуючись на всіх його відбитках. Взаємозв'язку локальних характеристик кожного пальця досить важливі, носять складний характер, але тільки загальна сукупність даних про

кожному пальці визначає характер людини. Спираючись на наведені вище дані і стандартний апарат математичної статистики і теорії інформації, була розроблена математична оцінка впливу малюнка кожного пальця на характер людини.

Розглянемо конкретні формули кількісного визначення параметра екстраверсія/інтроверсія на основі дерматогліфічного аналізу 10 відбитків пальців. У даній роботі ми припускаємо, що читач добре знайомий поняттями екстраверсії і інтроверсії по роботах класиків аналітичної психології і більш пізнім досліджень. Відповідно до прийнятого в сучасній психології підходом визначимо екстраверсію людини за 100% шкалою, тобто якщо людина має 50% екстраверсії, то це означає, що вона на 50% інтроверт. Для кожної людини ця нульова точка є основою для подальшого розрахунку. Якщо на відбитках пальців людини знаходяться інтровертні ознаки, то рівень екстраверсії знижується, а якщо екстравертні ознаки, то він підвищується відповідно до таких положень:

- наявність арочного типу малюнка хоча б на одному пальці – це суттєва ознака екстраверта. Значимість цієї ознаки + 50%;

- протилежність арки – завиток, є менш значущим інтровертивним індикатором. Наявність лише одного завитка не є значною ознакою, а ось наявність 10-ти завитків має таку ж, як одна арка (але з протилежним знаком), значимість – 50%.

- наявність одного типу малюнка на руках людини є ознакою монотонності (монотип) і інтровертності. При цьому люди з різними типами малюнка, природно, мають більш різноманітні можливості мислення і характеру. Тому люди з рівною кількістю різних типів малюнка, наприклад, 5W/5L мають підвищену екстравертність + 20%, 4W/6L мають підвищену екстравертність + 10%, в той час як люди з переважанням монотипа малюнка мають підвищену інтровертність, наприклад, 9W/1L мають підвищену інтровертність – 20%, 8W/2L мають підвищену інтровертність – 10%. Наявність

всіх трьох типів малюнка є досить рідкісним екстравертний ознакою і має значущість + 20%.

- наявність двох і більше композиційних складних типів малюнка також є екстравертний ознакою і має значущість + 20%

- середня ширина папілярних ліній (крок) становить 0,55-0,68 мм. Відхилення від цього діапазону в бік зменшення є екстравертний знайомий з значимістю + 30%.

Відхилення від цього діапазону в бік збільшення є інтровертним знайомий з значимістю – 30%.

- для петлевого типу малюнка суттєвою ознакою є напрямок петлі, причому зазвичай на лівій руці петля має напрямок від центру в ліву сторону, так звана ліва петля (LL), а на правій руці петля має напрямок від центру в праву сторону, так звана права петля (RL). Однак, на пальцях деяких людей, петля на одному пальці лівої руці може мати протилежний напрямок, нібито цей палець належить правій руці. Аналогічна ситуація буває зі зворотним петлею і на правій руці. Статистика показує, що люди з таким типом малюнка завжди мають свою власну думку з будь-якого питання, найчастіше не співпадає з думкою більшості, що ймовірно, пов'язано зі структурою сформованого мозку. Наявність однієї зворотної петлі на руці є явний інтроверта ознака, що має значущість – 20%.

- наявність двох зворотних петель, однак, притаманне навпаки товаришким і відкритим людям, тут якість несхожості на інших перевершує замкнутість і характеризує постійне бажання висловити свою думку з будь-якого питання, що являє собою екстраверта ознака із значущістю + 20%.

- наявність різних типів малюнка на однакових пальцях лівої і правої руки – це екстраверта ознака. Взагалі, наявність будь-якої нерівномірності призводить до екстраверсії, а монотонність характеризує інтроверсію. Значимість різних типів малюнка:

- по одному пальцю + 10%;

- по двома пальцями + 20%;
- за трьома пальцями + 30%;
- за чотирма пальцями + 40%;
- по п'ятьма пальцями + 50%.

При цьому, якщо результуюча сума перевищує 100%, то екстраверсія вважається максимальної і дорівнює 100%.

Таким чином, в залежності від наявності на пальцях людини тих чи інших ознак інтроверсії або екстраверсії визначається загальний рівень екстраверсії людини. Звичайно, можна сперечатися щодо наведеної значущості кожного з перерахованих ознак. При цьому, відмічені загальні закономірності досить добре підтверджуються статистикою та іншими дослідженнями.

### 3.4 Активність півкуль головного мозку

Аналогічний розрахунок параметрів проводиться при визначенні більш активної півкулі головного мозку, яка також визначається у відсотках. Тут також передбачається, що читач добре знайомий з психофізіологічними особливостями асиметрії головного мозку людини, пов'язаними з поняттями емоційність-логіка [8]. Сума розрахункового значення лівого і правого півкулі завжди становить 100%. Визначальним параметром для даного розрахунку є кількість особливих точок, присутніх на лівій і правій руці. Відомо, що розвиненість півкуль головного мозку пов'язана з протилежними органами людини, тобто ліва півкуля має більш значиму зв'язок з правою рукою і, навпаки, права півкуля має значимий зв'язок з лівою рукою. Найбільш універсальною характеристикою розвитку папілярного рельєфу є кількість особливих точок, присутне на одиниці площі пальця. Стандартна площа сучасного сканера відбитка пальця становить 1 сантиметр квадратний і на ній в середньому розташовується близько 25 особливих точок. Таким чином,

загальна кількість особливих точок на 10 пальцях становить, в середньому 250 точок, які можуть бути розподілені досить нерівномірно по руках і пальцях.

Якщо при загальній кількості точок на руці 250, з них 150 розташовується на лівій руці і тільки 100 на правій, це означає, що права півкуля головного мозку розвинене значно сильніше (66%), ніж ліва півкуля. З фізіології відомо, що півкулі відповідають за різні функції або, спрощено, риси характеру людини. Перш за все, ліва півкуля відповідає за логічні дії, а права півкуля за емоційні та інтуїтивні. Емоційність і логіка впливають на практично всі вчинки людини, тому дана характеристика досить важлива для індивідуального аналізу.

### 3.5 Рівень лідерства

Оцінка даної характеристики людини здійснюється на основі як вже отриманих інтегральних оцінок, так і інших особливостей папілярного рельєфу. На цю характеристику прямо-пропорційно впливає рівень екстраверсії, так як інтроверт досить рідко прагнути стати явним лідером.

Також існує пряма залежність між рівнем лідерства і середнім відстанню між папілярними лініями. Крім того, рівень лідерства прямо залежить від загального співвідношення роздвоєнь до закінчень ліній, як говорилося раніше. Мінімальне значення за допомогою одного з цих трьох значущих параметрів істотно знижує спадкове прагнення до лідерства, закладене в кожній людині.

## 4 ОБРОБКА ЗОБРАЖЕННЯ ПАПЛЯРНОГО ВІЗЕРУНКА

### 4.1 Методи виділення границь об'єкта на зображенні

#### 4.1.1 Фільтр Габора

Фільтр Габора – лінійний фільтр, імпульсна перехідна характеристика якого представляється у вигляді добутку функції Гаусса на гармонійну функцію:

$$g(x, y) = \text{Gauss}(x', y') \cos\left(\frac{2\pi x'}{\lambda} + \varphi\right),$$

$$\text{Gauss}(x', y') = e^{-\left(\frac{x'^2}{2\pi\sigma_x^2} + \frac{y'^2}{2\pi\sigma_y^2}\right)},$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta,$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta,$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі;

$\varphi$  – фаза;

$\theta$  – орієнтація маски фільтра над зображенням;

$\gamma$  – коефіцієнт стиснення.

Зміна орієнтації  $\theta$  дає можливість змінювати напрямок виявлення краю. Приклади фільтра Габора з орієнтаціями в діапазоні  $0 \dots \pi$  з кроком  $\pi/16$  представлені на рис. 4.18. В обробці зображень фільтр Габора зазвичай використовується для виділення границь та контуру об'єкта, вилучення ознак текстури, виділення області образу відбитка пальця, вилучення локального спрямування та інших цілей [4, 5]. У даній роботі для поліпшення зображення відбитка використовуються різні орієнтації фільтра Габора, рисунок. 4.18.



Рисунок 4.18 – Різна орієнтація фільтрів Габора

Приклад результату застосування фільтра Габора до зображення відбитка пальця наведено на рис. 4.19.



Рисунок 4.19 – Результат обробки зображення фільтром Габора

Приклади фільтра Габора з орієнтаціями  $\left\{ \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}, \pi \right\}$  представлені на  
рисунок 4.20.



Рисунок 4.20 – Результат обробки зображення фільтром Габора з різною

орієнтацією  $\theta : \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{4}, \pi$

#### 4.1.2 Оператор Собеля

Оператор Собеля використовується в обробці зображень для виділення границь. Це дискретний диференціальний оператор, що обчислює наближене значення градієнта чи норми градієнта для яскравості зображення. Оператор Собеля базується на згортці зображення невеликими сепарабельними цілочисельними фільтрами в вертикальному та горизонтальному напрямках. Хоча, апроксимація градієнта досить груба, особливо на високочастотних ділянках зображення.

Оператор використовує ядра  $3 \times 3$ , з якими згортає зображення для обчислення наближених значень часткових похідних по горизонталі та по вертикалі. Якщо  $A$  вихідне зображення, а  $G_x$  та  $G_y$  – це два зображення, де кожна точка містить часткові похідні по  $x$  та по  $y$  відповідно. Вони обчислюються наступним чином:

$$G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * A \quad G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A,$$

де \* позначає двовимірну операцію згортки. Координата  $x$  зростає «направо», а  $y$  – «вниз». Для кожної точки зображення наближене значення градієнта обчислюється через наближенні значення часткових похідних:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}.$$

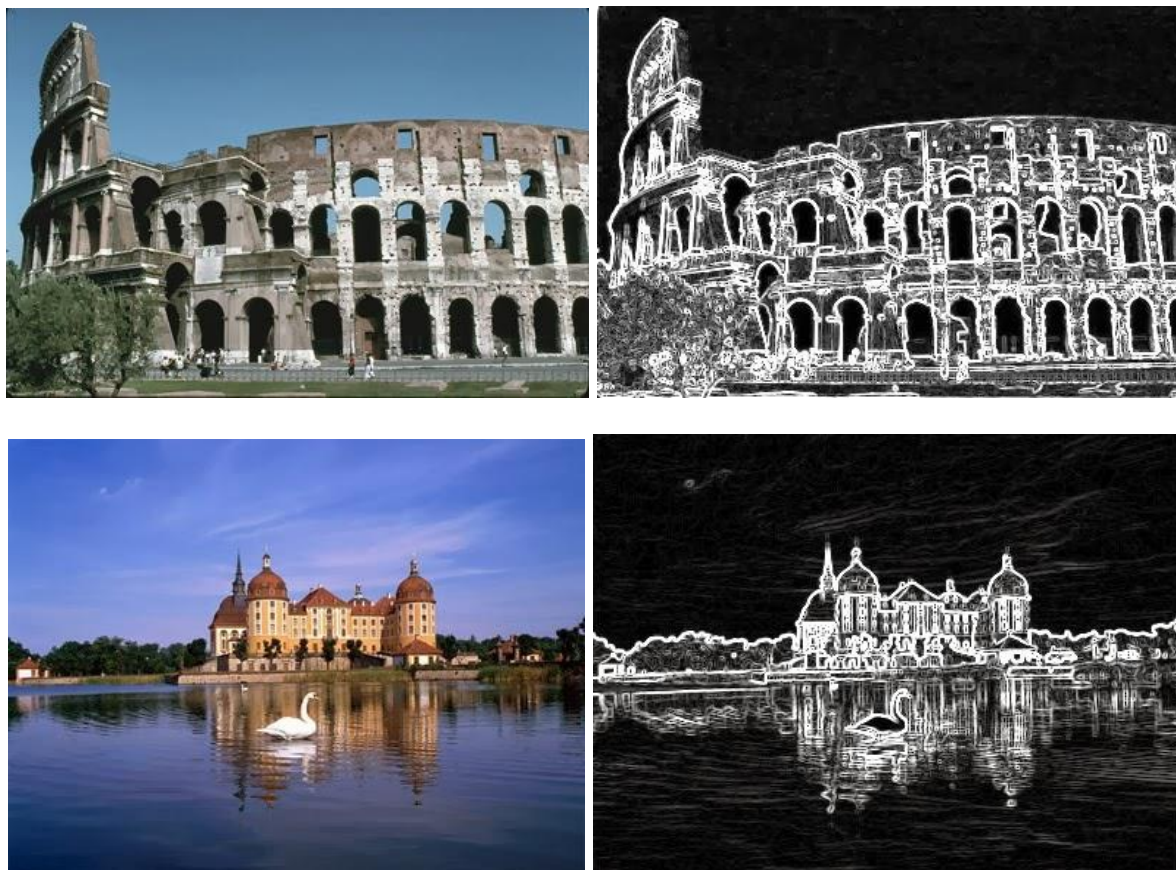


Рисунок 4.21 – Результат обробки зображень, оператором Собеля

### 4.1.3 Алгоритм пошуку границь Кенні

Найбільш відомим методом по виділенню границь на зображенні є алгоритм Кені. Розглянемо цей метод більш детально. Алгоритм Кенні [3] був розроблений з урахуванням трьох критеріїв:

- гарне виявлення (підвищення відносини сигнал / шум);
- хороша локалізація (правильне визначення положення кордону);
- єдиний відгук на одну границю.

За цими критеріями побудована цільова функція вартості помилок, мінімізацією якої знаходиться «оптимальний» лінійний оператор для згортки із зображенням.

Алгоритм Кенні складається з наступних п'яти етапів:

Етап 1. Згладжування. На першому етапі відбувається розмиття зображення для видалення шуму з допомогою фільтра Гаусса.

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right).$$

Дискретизовані значення фільтра може бути добре наближене до першої похідної Гауссіана за допомогою  $\sigma = 1,4$ :

$$B = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}.$$

Етап 2. Пошук градієнтів. Межі відзначаються там, де градієнт зображення набуває максимальне значення. Вони можуть мати різне спрямування, тому алгоритм Кенні використовує чотири фільтри для виявлення горизонтальних, вертикальних і діагональних ребер в розмите зображення.

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2},$$

$$\Theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right).$$

Кут напрямку вектора градієнта округляється і може приймати такі значення: 0, 45, 90, 135. Якщо кут від 1 до 20, то він відноситься до значення 0, а якщо він більше 20, то до значення 45 і т.д.

Етап 3. Придушення НЕ максимумів. Тільки локальні максимуми відзначаються як кордони.

Етап 4. Подвійна порогова фільтрація. Потенційні межі визначаються порогоми.

Етап 5. Трасування області неоднозначності. Визначаються межі шляхом придушення всіх країв, незв'язаних з певними (сильними) межами. Перед застосуванням детектора, зазвичай перетворюють зображення в відтінки сірого, щоб зменшити обчислювальні витрати.

Алгоритм детектора границь не обмежується обчисленням градієнта згладженого зображення. У контурі кордону залишаються тільки точки максимуму градієнта зображення, а не максимальні точки, що лежать поруч з кордоном, видаляються. Тут також використовується інформація про направлення кордону для того, щоб видаляти точки саме поруч з кордоном і не розривати саму кордон поблизу локальних максимумів градієнта. Потім за допомогою двох порогів видаляються слабкі кордону. Фрагмент кордону при

цьому обробляється як ціле. Якщо значення градієнта де-небудь на простежується фрагменті перевищить верхній поріг, то цей фрагмент залишається також «допустимої» кордоном і в тих місцях, де значення градієнта падає нижче цього порога, до тих пір, поки вона не стане нижче нижнього порога. Якщо ж на всім фрагменті немає жодної точки зі значенням, більшим верхнього порогу, то він видаляється. Такий гістерезис дозволяє зменшити число розривів в вихідних межах. Включення в алгоритм Кенні шумозаглушення з одного боку – підвищує стійкість результатів, а з іншого – збільшує обчислювальні витрати і призводить до спотворення і навіть втрати подробиць границь.

### 3.2 Алгоритм бінарізації зображення методом Отсу

У комп'ютерному баченні та обробці зображень метод Отсу, названий на честь Нобуюкі Отсу, є методом, заснованим на кластеризації, для автоматичного обчислення порогового зображення або зведення сірого зображення до бінарного зображення. Алгоритм передбачає, що зображення містить два класи пікселів, наступної бі-модальної гистограми: пікселі переднього плану і пікселі тіла, потім обчислюється оптимальний поріг, що розділяє два класи, так, що їх комбінований діапазон (дисперсія кластера) є мінімальною або рівноцінною (тому що сума попарних квадратичних відстаней постійна), так, що їх міжкластерна дисперсія є максимальною. Отже, метод Отсу є приблизно одновимірним дискретним аналогом дискримінантного аналізу Фішера.

У методі Отсу ми шукаємо поріг, що мінімізує дисперсію всередині класу, яка визначається як зважена сума дисперсій двох класів:

$$\sigma_{\omega}^2(t) = \omega_0(t)\sigma_0^2(t) + \omega_1(t)\sigma_1^2(t).$$

Вага  $\omega_0$  та  $\omega_1$  ймовірності двох класів, розділені порогом  $t$  і  $\sigma_0^2$  та  $\sigma_1^2$  – відхилення цих двох класів.

Клас ймовірностей  $\omega_{0,1}(t)$  обчислюється з  $L$  гістограм:

$$\omega_0(t) = \sum_{i=0}^{t-1} p(i),$$

$$\omega_1(t) = \sum_{i=t}^{L-1} p(i).$$

Оцу показує, що мінімізація дисперсії всередині класу збігається з максимізацією міжкласової дисперсії:

$$\sigma_b^2(t) = \omega_0(\mu_0 - \mu_T)^2 + \omega_1(\mu_1 - \mu_T)^2,$$

$$\sigma_b^2(t) = \omega_0(t)\omega_1(t)[\mu_0(t) - \mu_1(t)]^2.$$

що виражається в термінах ймовірностей класу  $\omega$  та класу значень  $\mu$ , коли клас  $\mu_{0,1,T}(t)$  означає:

$$\mu_0(t) = \sum_{i=0}^{t-1} i \frac{p(i)}{\omega_0},$$

$$\mu_1(t) = \sum_{i=t}^{L-1} i \frac{p(i)}{\omega_1},$$

$$\mu_T = \sum_{i=0}^{L-1} ip(i).$$

Наступні співвідношення можна легко перевірити:

$$\omega_0\mu_0 + \omega_1\mu_1 = \mu_T,$$

$$\omega_0 + \omega_1 = 1.$$

Ймовірності класу і засоби класу можуть бути обчислені ітеративно. Ця ідея дає ефективний алгоритм:

- а) обчисліть гістограму та ймовірність кожного рівня інтенсивності;
- б) установіть початкові  $\omega_i(0)$  та  $\mu_i(0)$ ;
- в) пройдіть усі можливі порогові значення  $t = \overline{1, \dots, n}$ , де  $n$  – це максимальна інтенсивність;
- г) оновіть  $\omega_i$ ,  $\mu_i$  та обчисліть  $\sigma_b^2(t)$ ;
- д) бажаний поріг відповідає максимуму  $\sigma_b^2(t)$ .



Рисунок 4.22 – Бінарізоване зображення відбитка пальця

## 4.3 Алгоритми скелетизації зображення

### 4.3.1 Поняття скелетизації та її види

Поняття скелета або серединної осі плоскої фігури було вперше введено в кінці 60-х років 20 ст. Блам [8]. Блам показав, що медіальне уявлення фігур (англ. Medial representation) на двовимірних зображеннях, є ефективним способом опису їх геометричної структури. У порівнянні з традиційним уявленням форми медіальне уявлення є більш інформативним, воно відображає як загальну структуру об'єкта, так і детальну структуру його елементів. Скелет зберігає інформацію про топологічній структурі об'єкта і скорочує обсяг пам'яті, необхідної для її зберігання. Згідно Блам скелет (англ. Skeleton) плоскої фігури – це безліч тих її точок, для яких існує не менше двох рівновіддалених найближчих точок кордону фігури. З цього випливає, що кожна точка скелета є центром кола, що лежить в області і що стосується її межі в двох або більше точках (так званої максимальної порожньої окружності), а скелет – це безліч центрів максимальних вписаних в цю фігуру кіл (рисунок 4.23).

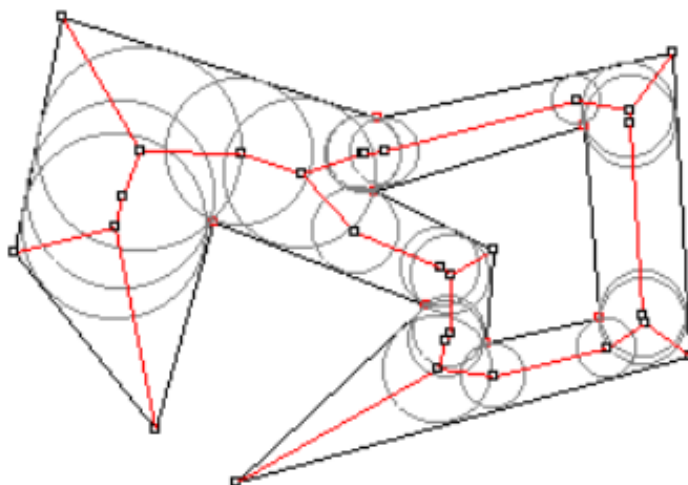


Рисунок 4.23 – Скелетизація зображення

Правильно побудований скелет має такі властивості:

- зберігає топологію оригінального об'єкта;
- розташований в центральних точках геометричній області об'єкта;
- скелет є зв'язкова фігура, тобто всі пікселі скелета пов'язані один з одним;
- має ширину рівну 1 пікселю (тому ряд процедур скелетизації називається утоньшення або тіннінгом, від англ. Thinning);
- для кожного пікселя скелета відомо відстань до кордону об'єкта.

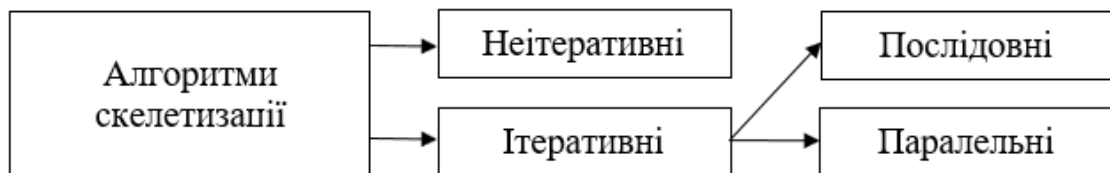


Рисунок 4.24 – Класифікація алгоритмів скелетизації

Неітеративному алгоритми скелетизації засновані на побудові центральної лінії зображення безпосередньо в один прохід без аналізу всіх окремих пікселів.

Найбільша група алгоритмів – це ітеративні засновані на ідеї ітеративного видалення контурних точок об'єктів до тих пір, поки на зображенні залишаться тільки точки скелета. Ітеративні алгоритми зазвичай використовують логічну маску (як правило, розміром 3 на 3 пікселі), які переміщуються по всьому зображенню і в кожен момент часу зіставляються з відповідною ділянкою зображення, щоб визначити нове значення центрального пікселя. Таким чином, в результаті перегляду всього зображення видаляється один (або декілька) з зовнішніх шарів об'єкта. Кількість переглядів зображення і як, наслідок час роботи ітеративних алгоритмів, залежить від розміру об'єктів на зображенні. Алгоритми цієї групи можна розділити на два класи: паралельні

і послідовні. У паралельних алгоритмах логічне вікно розташовується одночасно у всіх пікселях зображення і при його обробці не використовуються нові (отримані на даній ітерації) значення пікселів. При роботі послідовних алгоритмів пікселі обробляються послідовно. При реалізації паралельних алгоритмів для їх коректної роботи, оброблені дані (інформація про видалені пікселях) повинні заноситися в окремий масив, який оберігає від можливості рекурсивного видалення пікселів.

У даній роботі будуть розглянуті алгоритм ітеративної послідовної класифікації, а саме «Алгоритм скелетизації із застосуванням шаблонів» і ітеративної паралельної «Алгоритм Зонга-Суня». Не ітеративні алгоритми розглянуті не будуть.

#### 4.3.2 Алгоритм скелетизації застосуванням шаблонів.

Для отримання скелетного зображення використовуються шаблони, призначені для видалення зайвих пікселів, де сірим відзначені пікселі будь-якого кольору (рисунок 4.25). У будь-якій області, що відповідає одному з шаблонів, видаляється чорний центральний піксель. Здійснюється кілька проходів по зображенню, поки не залишиться пікселів, що підлягають видаленню.

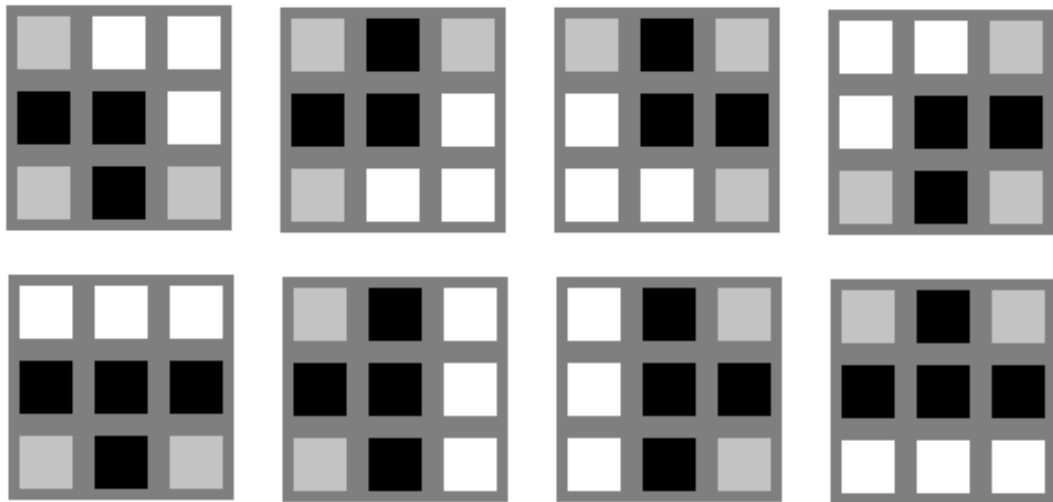


Рисунок 4.25 – Шаблони для скелетизації

#### 4.3.3 Алгоритм скелетизації Зонга-Суня

Розглянемо алгоритм скелетизації Зонга-Суня. Введемо наступну матрицю наступного виду:

$$M = \begin{pmatrix} P9 & P2 & P3 \\ P8 & P1 & P4 \\ P7 & P6 & P5 \end{pmatrix}.$$

Данна матриця попіксельно накладається на зображення таким чином, щоб  $P1$  по черзі поєднувався з усіма пікселями зображення (де це можливо). Варто уточнити, що білий піксель на зображенні має значення 0, а чорний 1. Кожен прохід по зображенню складається з двох підітерацій.

Підітерація 1:

Піксель  $P1$  можна видалити якщо виконуються наступні умови:

а)  $2 \leq P2 + P3 + \dots + P8 + P9 \leq 6$ .

$$\text{б) } S(P1) = 1.$$

$$\text{в) } P2 * P4 * P6 = 0.$$

$$\text{г) } P4 * P6 * P8 = 0.$$

де  $S(P1)$  – кількість знайдених послідовностей 01 в послідовності  $P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P2$ . Тобто для видалення пікселя, навколо нього повинен існувати тільки один перехід від нуля до одиниці. В даному випадку видаляються всі пікселі на південно-східному кордоні і північно-західні кутові пікселі. Щоб видалити пікселі на північно-західному кордоні і південно-східні кутові пікселі, необхідно виконати ще одну підітерацію:

$$\text{а) } 2 \leq P2 + P3 + \dots + P8 + P9 \leq 6$$

$$\text{б) } S(P1) = 1$$

$$\text{в) } P2 * P4 * P8 = 0$$

$$\text{г) } P2 * P6 * P8 = 0.$$

Якщо після повного проходу по зображенню були видалені будь-які пікселі, то необхідно повторити прохід. Таке повторення має бути до тих пір, поки під час проходу не буде видалений жоден піксель.

Скелетизації Зонга-Суня ставитися до класу паралельних алгоритмів, оскільки для коректної роботи алгоритму, оброблені дані (інформація про видалені пікселі) повинні заноситися в окремий масив, який захистить від можливості рекурсивного видалення пікселів.

#### 4.4 Алгоритм пошуку особливих точок.

Для пошуку локльних особливостей папалярного візерунка на зображенні, будемо використовувати матрицю наступного виду:

$$M = \begin{pmatrix} a_{1,1} & a_{1,2} & a_{1,3} \\ a_{2,1} & a_{2,2} & a_{2,3} \\ a_{3,1} & a_{3,2} & a_{3,3} \end{pmatrix}.$$

де  $a_{1,1}, a_{1,2}, a_{1,3}, a_{2,1}, a_{2,2}, a_{2,3}, a_{3,1}, a_{3,2}, a_{3,3}$  – це пікселі які мають значення 0 або 1, відповідно до їх кольору чорний або білий.

Цю матрицю попіксельно накладаємо на зображення, і перевіряємо умови, що наведені нижче.

Точка  $a_{2,2}$  є особливою точкою типу закінчення, якщо:

а)  $a_{1,1} + a_{1,2} + a_{1,3} + a_{2,1} + a_{2,3} + a_{3,1} + a_{3,2} + a_{3,3} = 7$ ;

б)  $a_{2,2}$  – це точка зі значенням 0, тобто чорній піксель.

або точкою роздвоєння, якщо:

а)  $a_{1,1} + a_{1,2} + a_{1,3} + a_{2,1} + a_{2,3} + a_{3,1} + a_{3,2} + a_{3,3} = 5$ ;

б)  $a_{2,2}$  – це точка зі значенням 0, тобто чорній піксель.

Таким чином ми за один прохід по матриці пікселів можемо отримати всі особливі точки зображення.

#### 4.5 Алгоритм розпізнання відбитку

Нехай є два зображення відбитку пальця з розпізнаними особливими точками на ньому. Координати особливих точок відомі, але кут нахилу відбитку може відрізнятися (рисунок 4.26).

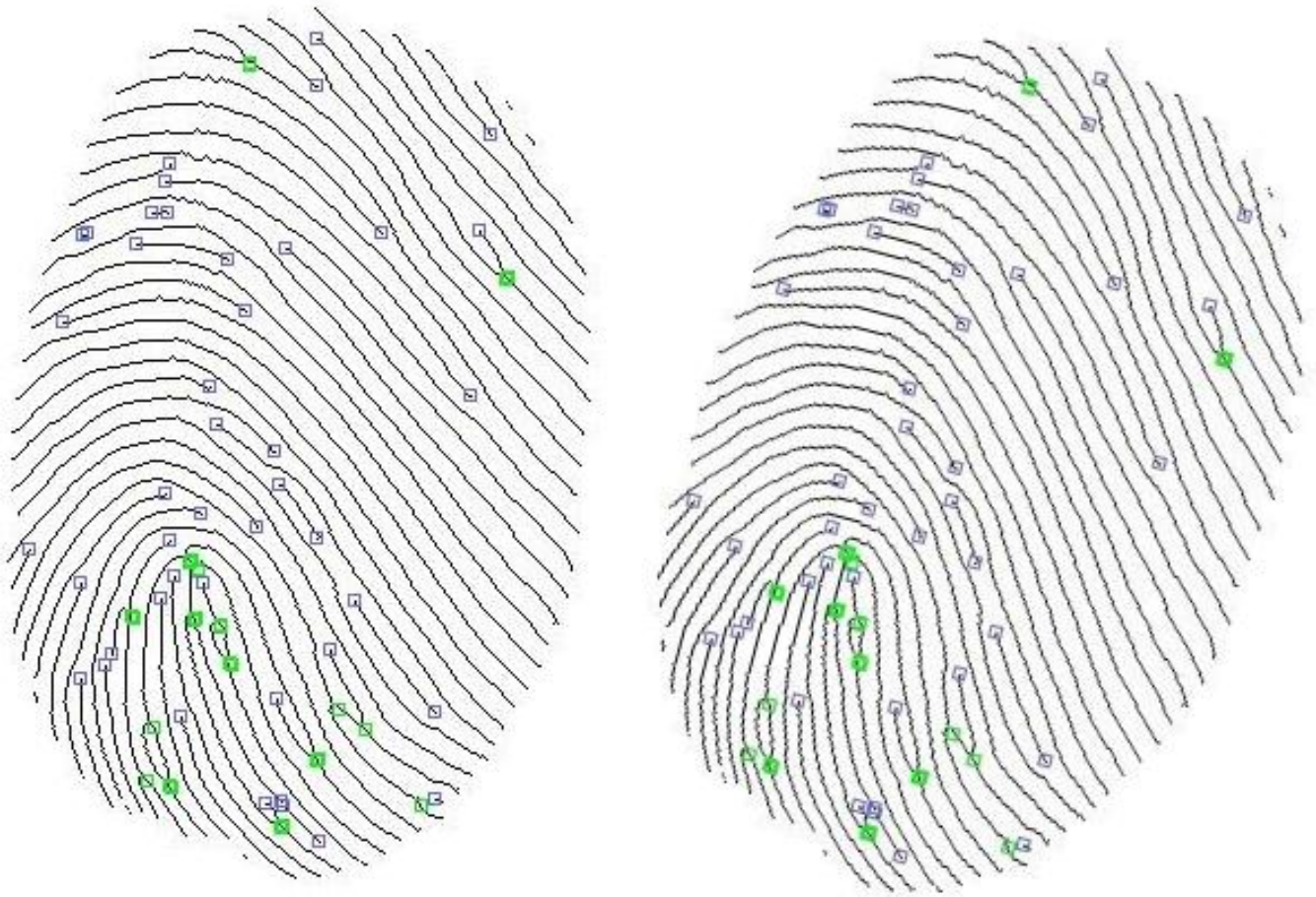


Рисунок 4.26 – Два однакових відбитка з різним кутом нахилу

На рисунку 4.26 кут нахилу відрізняється лише на 15 градусів, але ця зміна робить по координатне порівняння особливих точок неможливим.

Для розпізнання відбитку скористаємося топологічними особливостями папілярного візерунка, а саме, відстанню між точками та характером особливої точки. На рисунку 4.27 видно, що відстань та характер особливої точки не змінюється при зміні куту нахилу відбитка пальцю, що дозволяє використовувати це як унікальний маркер для розпізнавання.

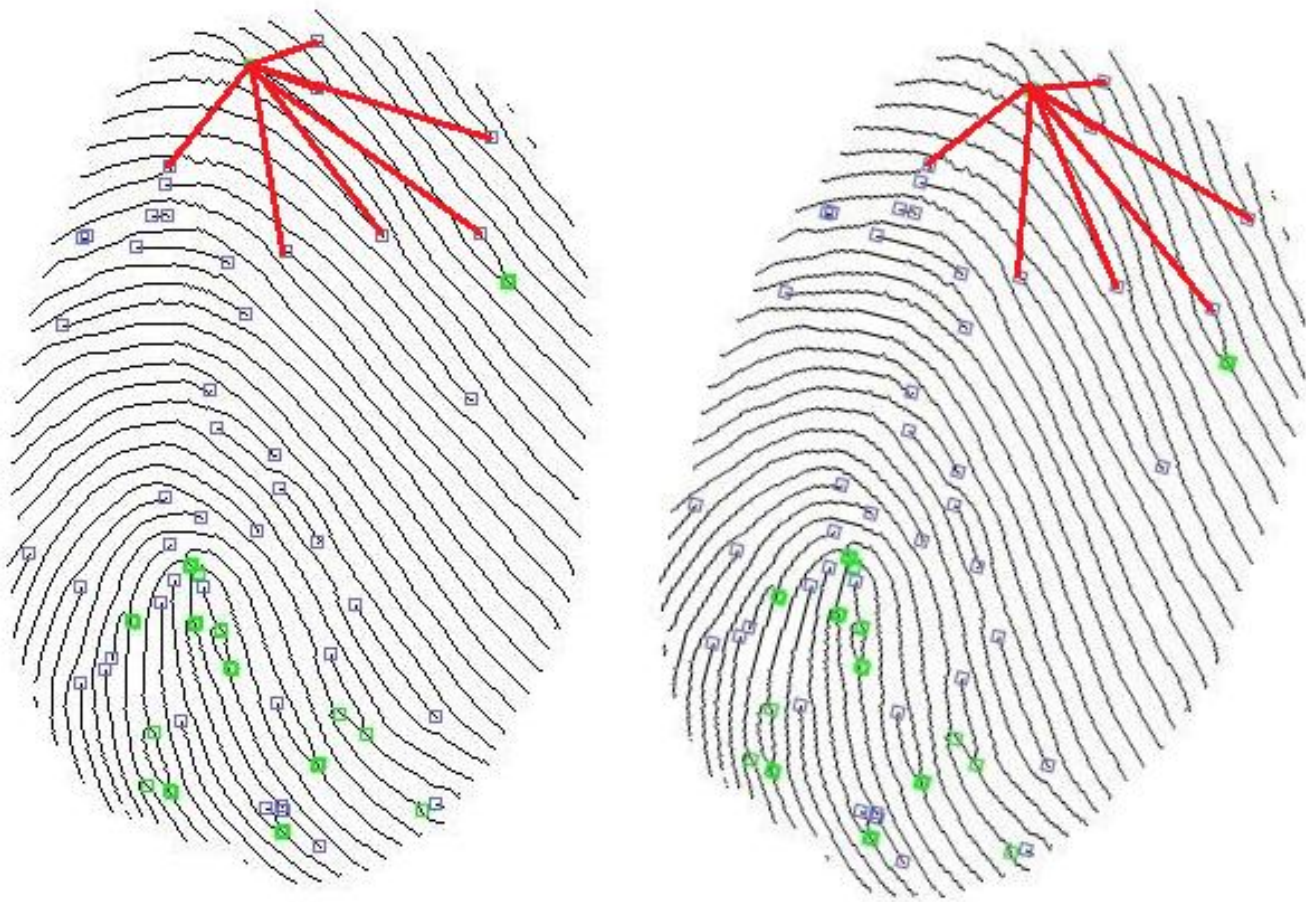


Рисунок 4.27 – Два однакових відбитка з різним кутом нахилу

Сформулюємо критерій порівняння особливих точок для відбитку пальця. Дві особливі точки, двох відбитків пальців вважатимемо однаковими тоді й тільки тоді, коли:

- а) відстані від цих точок до інших точок співпадають;
- б) характери точок(роздвоєння або закінчення) співпадають.

Нехай маємо дві особливі точки  $A(x_a, y_a)$  і  $B(x_b, y_b)$ , тоді їх відстань можна розрахувати за формулою:

$$AB = \sqrt{(x_b - x_a)^2 + (y_b - y_a)^2}.$$

## 5 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЗОБРАЖЕННЯ ПАПЛЯРНОГО ВІЗЕРУНКА

### 5.1 Системний аналіз проблеми

#### 5.1.1 Опис можливостей програми

Графічні образи, які подаються навколишнім світом людині, володіють великою різноманітністю. Невід'ємним атрибутом зображення є його просторова структура. Здатність реконструювати цю структуру при візуальному сприйнятті і забезпечує предметність сприйняття.

Просторова визначеність, яка полягає в тому, що будь-яка точка зображення належить єдиному і цілком певному структурному елементу, який може представляти об'єкт або належить одному або декількох об'єктах відповідної предметної області. Таким чином, будь-яке зображення будується відповідно до деякого апріорним планом, який визначає місце положення і смислові характеристики його структурних елементів.

Моделі представлення зображень в ЕОМ можна розділити на два типи: растрові і векторні.

Найбільш поширена форма вистави «сирих» зображень на ЕОМ – це растр. Зображення в цьому випадку представляє собою матрицю з  $N \times M$  точок (пікселів). Візуалізація растрових зображень досить проста і полягає в порядковому виведенні його пікселів на екран. Однак модель цього типу не несе в собі структурної і тим більше семантичної інформації, що обмежує сферу її застосування. При введенні зображень з реального світу в ЕОМ вони часто постають у растрової формі.

Векторні моделі представлення зображень засновані на тому, що будь-яку лінію можна уявити в аналітичному вигляді, наприклад у вигляді сукупності векторів – спрямованих відрізків. Візуалізація зображень в векторній моделі

складніше, ніж в растровій. Але модель набуває когнітивної за рахунок включення в неї структурної інформації.

Образ відбитка пальця, як правило, зберігається в двійковому коді, де кожен піксель малюнка описується 8 бітами, тобто 256 відтінками сірого кольору. У передових системах сканування цифровий образ відбитку обробляється за допомогою спеціального алгоритму покращення зображення. Цей алгоритм забезпечує зворотний зв'язок з датчиком для регулювання параметрів сканування. Коли датчик фіксує остаточний образ, алгоритм налаштовує контрастність і чіткість зображення відбитка для отримання найкращої якості.

Для пошуку локальних особливостей папілярного візерунка - мінюцій використовуються різні алгоритми пре-обробки зображення, «Фільтр Габора» для зниження шуму на зображенні, а також алгоритми морфологічної обробки «Бінаризація», «Скелктізація» для зниження обсягу інформації, що зберігається в зображенні. В результаті система реалізує перехід від растрового представлення зображення з великим об'ємом «сирих даних» до структурного.

### 5.1.2 Вхідна інформація

Вхідною інформацією є бітове растрове зображення відбитку пальця, отриманий за допомогою сканування. Зображення наводиться в градаціях сірого. Діапазон значень матриці такого зображення від 0 до 256, що полегшує роботу над ним, за рахунок переходу від трьох-канального зображення до одноканального, без втрати важливих елементів зображення.

### 5.1.3 Вихідна інформація

Вихідною інформацією є зображення після первинної обробки фільтром Габола, а також зображень отриманих в результаті морфологічних перетворень «Бінарізації» та «Скелктизації» відбитку пальця з виділеними мінуціями, закінченням та роздвоєнням.



Рисунок 5.28 – Приклад вихідної інформації системи

### 5.1.4 Алгоритм роботи програми

Робота системи реалізується наступним чином:

- а) коригування вхідного образу, усунення дефектів і шуму;
- б) бінарізація зображення;
- в) скелетизація зображення;
- г) пошук та підрахунок мінуцій кожного типу.

## 5.2 Результати експерименту

### 5.2.1 Обробка зображення фільтром Габора

Експериментальним чином були обрані такі значення параметрів фільтра Габора:

$$\lambda = 6,75,$$

$$\sigma = 1,55,$$

$$\gamma = 0,55,$$

$\theta$  – орієнтація фільтра буде змінюватись від 0 до 180 градусів, з кроком 12 градусів с метою отримання більш точного результату,

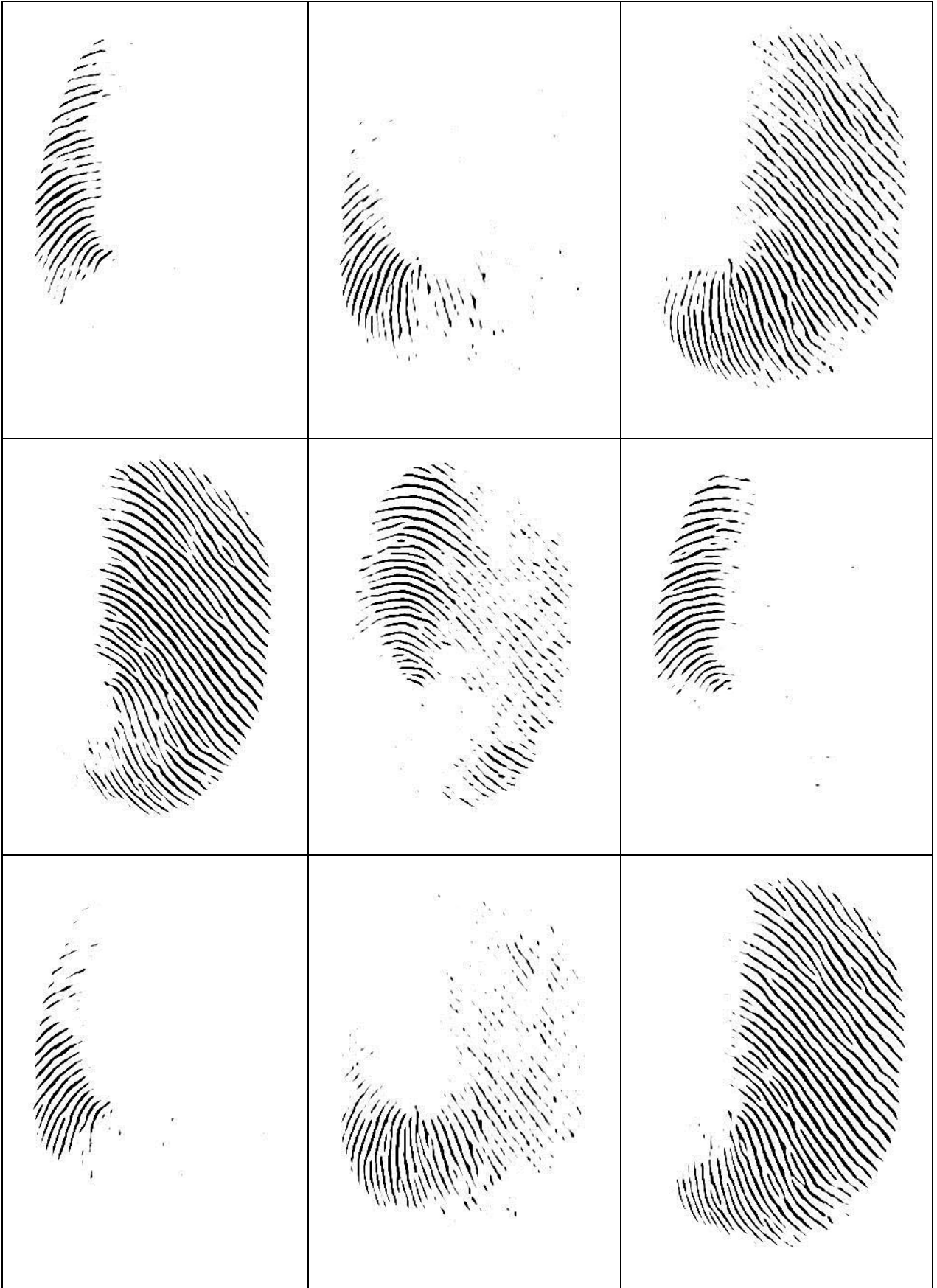
$$\varphi = 0.$$

Розмір ядра Габора дорівнює  $11 \times 11$ .

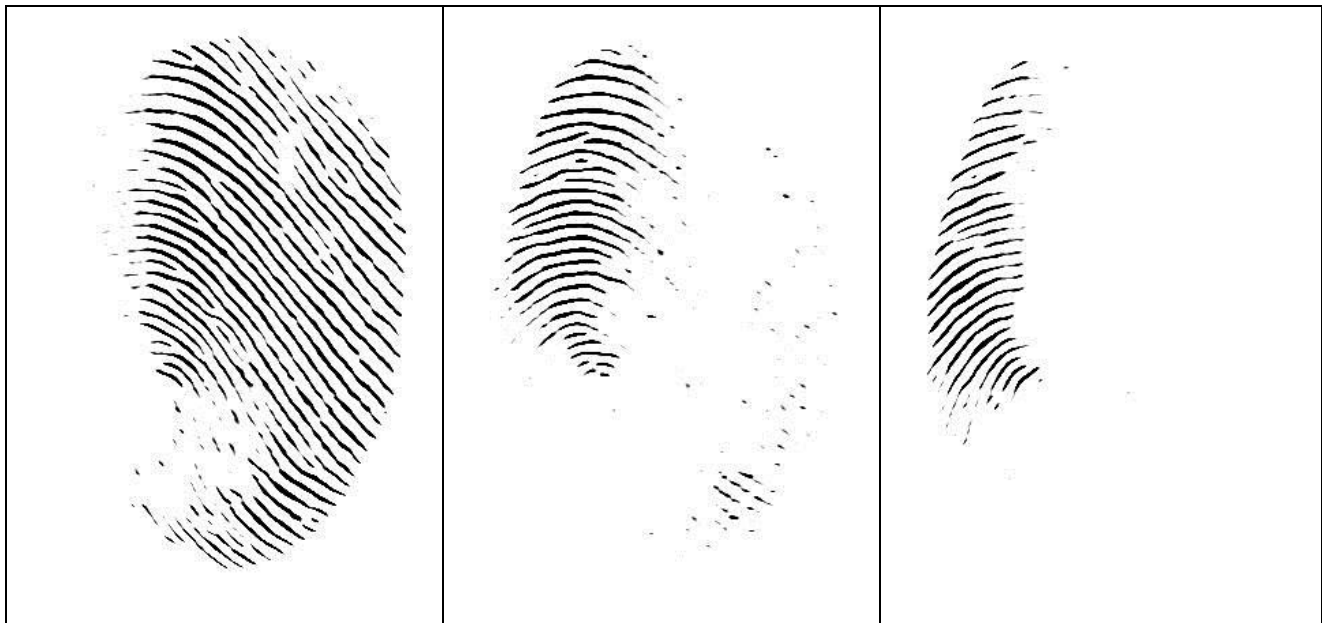
Результати роботи фільтра Габора з різними Орієнтаціями приведені на рисунку 5.29.



Рисунок 5.29 – Результат фільтра Габора в різних орієнтаціях



Продовження рисунку 5.29



Закінчення рисунку 5.29

Отримані результати накладаються один на одного и в результаті ми отримуємо зображення з мінімально кількістю шуму, результат об'єднання зображень Габора в різних орієнтаціях приведений на рисунку 5.30. Та його порівняння з вхідним зображенням рисунок 5.31.



Рисунок 5.30 – Результат фільтра Габора



Рисунок 5.31 – Порівняння вхідного зображення з фільтром Габора

### 5.2.2 Бінарізація відбитку пальця

Результатом бінарізації є зображення в якому пікселі мають лише два кольори чорний та білий. А матриця зображення матиме лише два значення 0 – чорний колір та 1 – білий колір, що дозволить застосовувати алгоритми скелетизації більш ефективно. Результат бінарізації Габор зображення наведено на рисунку 5.32.



Рисунок 5.32 – Бінарзоване зображення

### 5.2.3 Побудова скелету папілярного візерунка

Результатом скелетизації є зображення в якому товщина будь-якої лінії не перевищує один піксель, але зберігається топологія зображення. Результат скелетизації бінарзованого Габор зображення наведено на рисунку 5.33.



Рисунок 5.33 – Результат скелеізації

#### 5.2.4 Виділення особливих точок на зображенні

Після отримання скелету зображення папілярного візерунка використовуючи алгоритм пошуку особливих точок, отримуємо зображення з визначеними на ньому мінуціями: закінчення та роздвоєння. Результат приведено на рисунку 5.34.

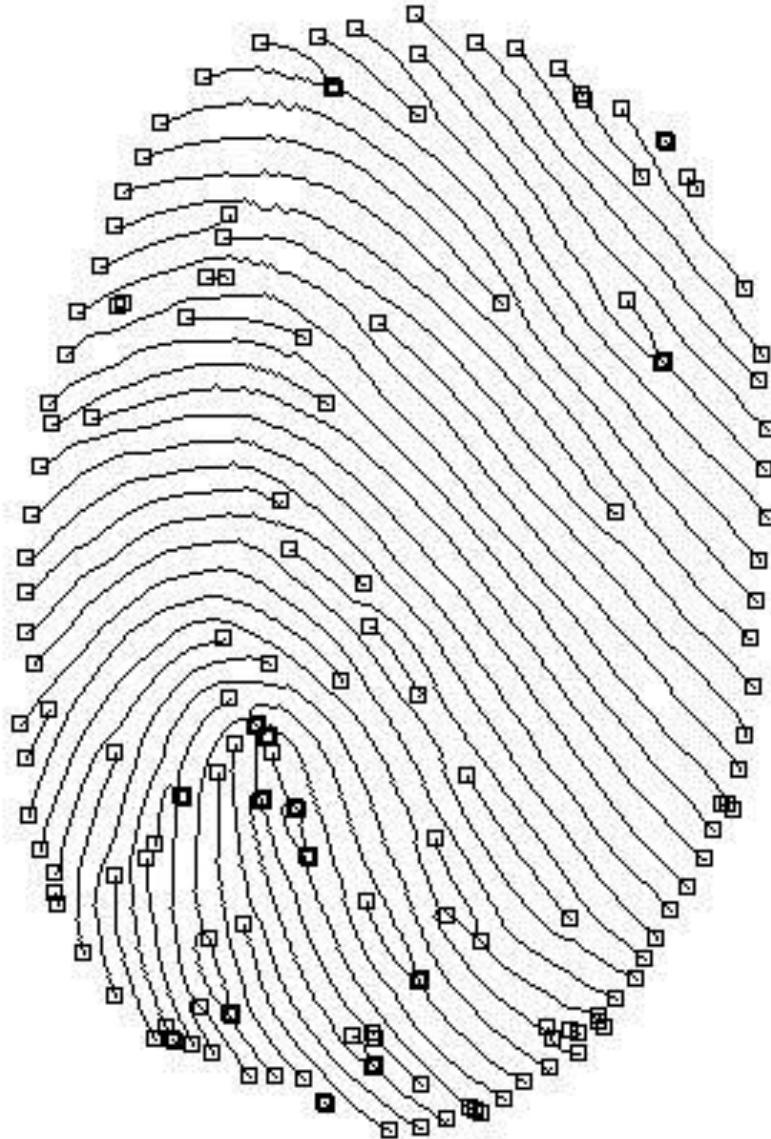


Рисунок 5.34 – Результат знаходження особливих точок на зображенні

### 5.2.5 Реалізація алгоритму розпізнавання відбитку пальця

Після отримання зображення з особливими точками на ньому. Реалізуємо алгоритм розпізнавання відбитку пальця. Розрахуємо відстань між усіма особливими точками. Збережемо данні у вигляді карти, де ключем є відстань

до особливої точки, а значенням, координати й тип особливої точки. Таким чином кожна особлива точка буде знати все про сусідні точки.

Для проведення експерименту використаємо відбиток зображений на рисунку 5.35, далі зразок А.

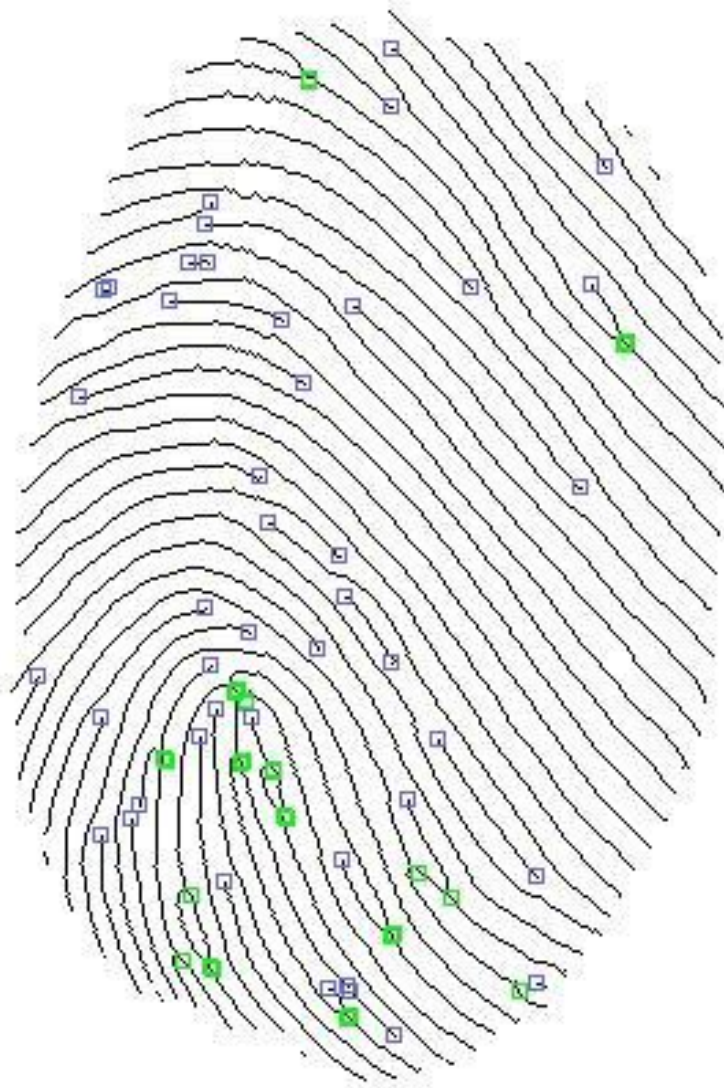


Рисунок 5.35 – Відбиток з розпізнаними особливими точками

Для порівняння використаємо той самий відбиток пальця з кутом нахилу 15 градусів рисунку 5.36, далі зразок Б. Для нього використаємо той самий алгоритм аналізу відбитку що й для зразку А.

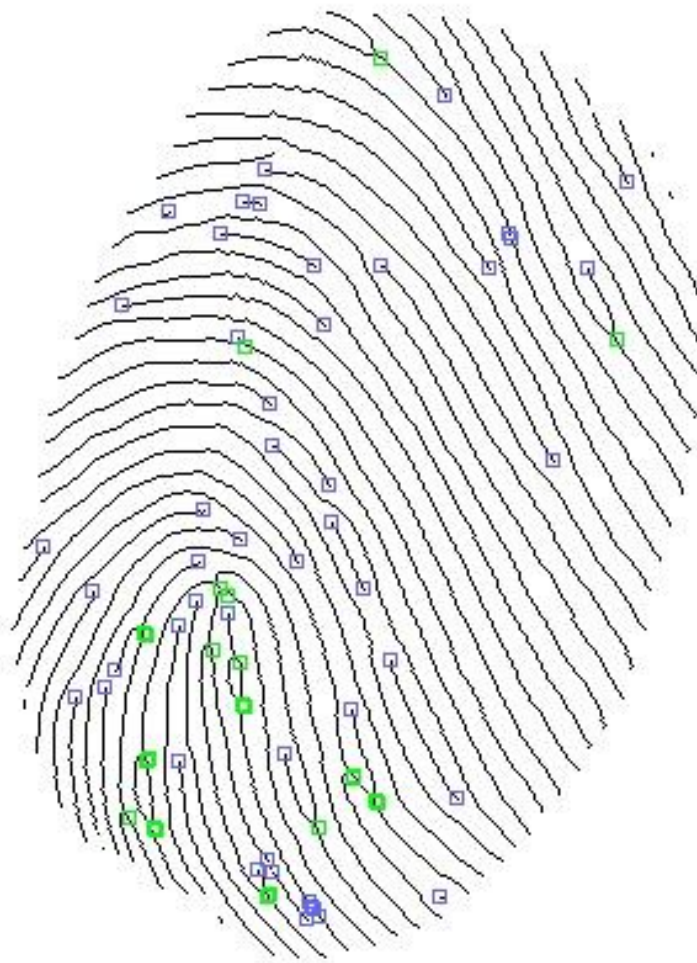


Рисунок 5.36 – Відбиток з кутом нахилу 15 градусів

Після аналізу зразку А було виявлено 60 особливих точок, серед яких:

а) 16 роздвоєнь;

б) 44 закінчення.

Після аналізу зразку Б було виявлено 64 особливі точки, серед яких:

а) 16 роздвоєнь;

б) 48 закінчення.

Загальна кількість відстаней між точками 2016.

Порівняння відстаней між точками виявила схожість у 87% відрізків відбитку пальцю, що є прийнятною для ідентифікації особистості.

## ВИСНОВКИ

В результаті роботи проведено класифікацію папілярних візерунків, розглянуті основні види папілярних візерунків,

Ознайомилися з залежністю виду малюнка з характером людини. Визначили, що в слідах рук немає нічого випадкового, вони формуються період формування нейронної системи людини.

Проаналізовано сучасні алгоритми обробки зображень папілярних візерунків. У ході дослідження виявлено, що фільтр Габора суттєво знижує рівень шуму на зображенні і дозволяє проводити над зображенням більш точні обчислення при подальшій обробці зображення.

Розглянуто методи морфологічних перетворень зображень, а саме алгоритм Бінарізації Отсу, а також скелетизації зображень з використанням шаблонів та методу Зонга-Суня.

Реалізовано програму за допомогою сучасних програмних засобів Kotlin та OpenCV, що дозволяє швидко аналізувати зображення папілярного візерунка та знаходити його локальні особливості, а саме закінчення та роздвоєння. В даній програмі на практиці було застосовано фільтр Габора з різними орієнтаціями, бінарізація Отсу, скелетизація з використанням шаблонів та порівняння двох зображень папілярних візерунків з метою подальшої ідентифікації.

Результат даної роботи може бути використаний в дактилоскопії, для вирішення задач ідентифікації особи або ж для подальшого дактилогліфічного аналізу.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Фролов Ю. П., Степанов Г. Н. Справочник криминалиста-трасолога : учеб. пос. Волгоград : Волгоградская академия МВД России, 2007. 75 с.
2. Гудков В. Ю. Методы первой обработки дактилоскопических изображений. Миасс : Геотур, 2008. 128 с.
3. Едзубов Л. Г., Карпухина Е. С., Мяснянкина В. Н. Банк данных детального описания папиллярных узоров / под ред. Л. Едзубова. Москва : ВЦ МВД России, 2002. 304 с.
4. Гудков В. Ю. Автоматическое детектирование общих признаков дактилоскопических изображений / под ред. В. Л. Арлазаров. Москва, 2010. 355 с.
5. Орлов П. Г. Статистический метод оценки идентификационных признаков в дактилоскопической экспертизе. Применение теории вероятностей и математической статистики в судебной экспертизе : материалы к теоретической конференции / под ред. П. Н. Николаев. Москва, 1963. 45 с.
6. Vykh A., Visotska E., Kobzev V., Analysis of Dermatoglyphic Signs for Definition Psychic Function-al State of Human's Organism // Information Science and Computing, Book 7 Artificial Intelligence and Decision Making, 2008. P. 49–52.
7. Майлис Н. П. Судовая трасология : учеб. пос. Москва, 2005. 61 с.
8. Гудков Ю. Н. Способы математического описания и идентификации отпечатков пальцев / под ред. В. Л. Арлазаров. Москва, 2008. 337 с.
9. Гусева И. С. Морфогенез и генетика гребешковой кожи / под ред. А. В. Дмитрук. Минск, 1986. 158 с.
10. Белкин Р. С. Криминалистика : учеб. пос. / под ред. Н. В. Вегин. Москва, 2001. 45 с.
11. Степанов Г. Н., Бронников А. И. Трасология. Справочник криминалиста / под ред. Л. К. Никитюк. Волгоград, 1997. 95 с.
12. Трасология и трасологическая экспертиза / под ред. И. В. Кантор

Москва, 2002. 77с.

13. Edward D. A history of dermatoglyphics, palmistry and character identity // Information Systems. 1998. P. 102-115.

14. Purkinge J. A. Physiological Examination of the Visual Organ and of the Cutaneous System // Modern Technologies. 2002 P. 343–356.

15. Galton F. Fingerprints // IEEE MacMillan and Co. 2006. P. 33-45.

16. Henry E. Classification and uses of fingerprints. // George Routledge and Sons. 2004. P. 35-42.

17. Гусева И. С. Морфогенез и генетика гребешковой кожи / под ред. А. В. Дмитрук. Минск, 1986. 158 с.

18. FingerCard : техническое описание системы. Санкт-Петербург : Элсис, 2007. 180 с.

19. Юнг К. Психологические типы / под ред. И. В. Гнетнев. Минск, 1998. 656 с.

20. Николаенко Н. Н. Психология творчества : учеб. пос. Санкт-Петербург : Язык, 2002. 277 с.

21. Полонников Р. И. На пути к постижению сути электрических проявлений сознания / под ред. Д. В. Антанюка. Санкт-Петербург, 2007 163 с.

22. Еджубова Л. Н., Богданова М. М. Папиллярные узоры: идентификация и определение характеристик личности / под ред. В. К Дмитриева. Москва, 2002. 316 с.

23. Айзенк Г. Биологические основы личности / под ред. В. Н. Муратова. Санкт-Петербург, 2004. 260 с.

24. Minkin V., Thims L. Dermatoglyphics // Human Thermodynamics Journal. 2007. P. 22-29.