

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інфокомунікації
(повна назва)

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Дослідження ефективності розпізнавання людини за відбитками пальців,
райдужною оболонкою та сітківкою ока.
(тема)

Виконав:
студент 2 курсу, групи ІМІм-22-3
Кучерявий А.В.

Спеціальність 172 – Електронні комунікації
та радіотехніка
(код і повна назва спеціальності)

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

Освітня програма Інформаційно-мережна
інженерія
(повна назва освітньої програми)

Керівник доц., к.т.н. Омельченко С.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Безрук В.М.
(прізвище, ініціали)

2024 р.

Не містить відомостей, заборонених до відкритого публікування

Студент	_____	_____
	(підпис)	<i>Кучерявий А.В.</i> (прізвище та ініціали)
Керівник	_____	_____
	(підпис)	<i>Омельченко С.В.</i> (прізвище та ініціали)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інфокомунікацій
(повна назва)

Кафедра Інформаційно-мережної інженерії
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 172 – Електронні комунікації та радіотехніка
(код і повна назва)

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

Освітня програма Інформаційно-мережна інженерія
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри ІМІ _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Студентові Кучерявому Андрію Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження ефективності розпізнавання людини за відбитками пальців, райдужною оболонкою та сітківкою ока.

затверджені наказом університету від 30 травня 2024 року № 609 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 20 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Дослідити інформацію про ефективність методів розпізнавання людини за райдужною оболонкою ока, сітківкою ока та відбитком пальців. Знайти найпродуктивніший метод і проаналізувати

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Вступ

1. Особливості будови роговиці, сітківки та відбитків пальців людини

2. Огляд методів розпізнавання людини

3. Методи розпізнавання людини

4. Результати експериментальних досліджень

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Слайди у форматі Power Point (назва, вступ, актуальність, анатомія ока, райдужка, сітківка, відбиток пальця, огляд методів розпізнавання людини, огляд методів розпізнавання з використанням сітківки, огляд методів розпізнавання райдужної оболонки ока, огляд методів сегментації та нормалізації райдужної оболонки, огляд систем розпізнавання відбитків пальців методи розпізнавання людини за відбитками пальців і райдужною оболонкою ока на основі перетворення Хафа, методи розпізнавання людини за сітківкою ока на основі перетворення Хафа, результати експериментальних досліджень, висновок)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів атестаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ	29.05.2024	виконано
2	Підбір літератури за темою роботи	29.05-02.06.24	виконано
3	Виконання розділу 1	02.06-03.06.24	виконано
4	Виконання розділу 2	03.06-04.06.24	виконано
5	Виконання розділу 3	04.06-05.06.24	виконано
6	Виконання розділу 4	05.06-06.06.24	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки	06.06-07.06.24	виконано
8	Оформлення презентаційного матеріалу,	07.06-09.06.24	виконано
9	Підготовка до захисту у ЕК	20.06.2024	

Дата видачі завдання 28.05.2024 р.

Студент

(підпис)

Кучерявий А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Омельченко С.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 80 с., 29 рис., 3 таб., 38 джерел, 1 додаток

Об'єкт дослідження – Біометрична автентифікація по відбиткам пальців, райдужній оболонці і сітківці ока.

Мета роботи – Визначення ефективності різних біометричних методів розпізнавання людини, а саме відбитків пальців, райдужної оболонки та сітківки ока, для підвищення точності та надійності ідентифікації особистості.

Дане дослідження спрямоване на порівняння ефективності цих методів та визначення найкращих практик для їхнього застосування. Результатом цих досліджень було виявлено, що кожен з методів має свої переваги та обмеження. Відбитки пальців забезпечують високу швидкість ідентифікації та є зручними для користування, однак можуть бути вразливими до зовнішніх факторів, таких як пошкодження шкіри. Райдужна оболонка ока демонструє високу точність та надійність, але потребує спеціалізованого обладнання та умов для знімання. Сітківка ока є найбільш надійним методом з точки зору унікальності біометричних характеристик, проте процес розпізнавання є більш складним і часозатратним.

РАЙДУЖНА ОБОЛОНКА ОКА, СІТКІВКА ОКА, ВІДБИТОК ПАЛЬЦЯ, СЕГМЕНТАЦІЯ, ПЕРЕТВОРЕННЯ ХАФА.

ABSTRACT

Explanatory note: 80 p.,29 fig., 3 tabl.,38 sources, 1 app..

The object of study is – Biometric authentication by fingerprints, iris and retina.

The purpose of the work is to study – Determining the effectiveness of different biometric methods of human recognition, namely fingerprints, iris and retina, to improve the accuracy and reliability of identity identification .

This study aims to compare the effectiveness of these methods and identify best practices for their application. As a result of these studies, it was found that each of the methods has its own advantages and limitations. Fingerprints provide high identification speed and are convenient to use, but may be vulnerable to external factors such as skin damage. The iris demonstrates high accuracy and reliability, but requires specialized equipment and conditions for imaging. Retina is the most reliable method in terms of the uniqueness of biometric characteristics, but the recognition process is more complicated and time-consuming.

IRIS, RETINA, FINGERPRINT, SEGMENTATION, HAFF TRANSFORMATION.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП.....	11
1 ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ РОГОВИЦІ, СІТКІВКИ, ТА ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ ЛЮДИНИ	13
1.1 Анатомія ока.....	13
1.2 Анатомія сітківки.....	15
1.3 Судинна система сітківки.....	17
1.4 Особливості відбитків пальців	22
2 ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛЮДИНИ.....	24
2.1 Біометричне розпізнавання та перевірка.....	24
2.2 Унікальність сітківки.....	26
2.3 Огляд методів розпізнавання з використанням сітківки	28
2.4 Огляд методів розпізнавання райдужної оболонки ока	29
2.5 Огляд методів сегментації та нормалізації райдужної оболонки.....	30
2.6 Витяг і зіставлення ознак отриманих райдужної оболонки	35
2.7 Огляд систем розпізнавання відбитків пальців	38
3 МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛЮДИНИ.....	47
3.1 Методи розпізнавання людини за відбитками пальців і райдужною оболонкою ока на основі перетворення Хафа	47
3.2 Метод ідентифікації відбитків пальців на основі перетворення Хафа.....	53
3.3 Метод ідентифікації райдужної оболонки ока на основі перетворення Хафа	56

	9
3.4 Розпізнавання за допомогою сітківки	58
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	63
ВИСНОВКИ	66
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
ДОДАТОК А	71
СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ	71

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

VEGF – Vascular endothelial growth factor – Фактор зростання ендотелію судин ;

BRS – Система біометричного розпізнавання ;

ДНК – Дезоксирибонуклеїнова кислота ;

ІЧ – Інфочервоне ;

CGF – Круговий фільтр Габора ;

LoG – Фільтр Лапласа-Гауса ;

FIR – finite impulse response — Скінченна імпульсна характеристика ;

AFIS – Автоматична система автентифікації за відбитками пальців ;

FRR – False Rejection Rate – коефіцієнт помилкової відмови в доступі;

FAR – False Acceptance Rate – коефіцієнт помилкового допуску;

ERR – Equal Error Rate – рівний рівень помилок;

ВСТУП

Найбільш традиційні методи ідентифікації особистості використовують особисті речі, такі як паспорт, водійські права, ідентифікаційна картка, кредитна картка чи простий набір ключів, з іншого боку, підходи на основі знань базуються на тому, що користувач знає, що теоретично недоступні іншим, наприклад паролі чи персональні ідентифікаційні номери. Ці підходи представляють очевидний недолік: особисті речі можуть бути втрачені, викрадені, забуті або згублені, тоді як паролі можуть бути легко забуті дійсним користувачем або вгадані неавторизованим. Насправді всі ці підходи натикаються на очевидну проблему: будь-який матеріал або знання можна отримати шахрайським шляхом. Отже, біометрія означає повернення до більш природного способу ідентифікації: багато фізіологічних або поведінкових характеристик є унікальними для різних людей. Перевірка когось на основі того, ким він є, замість того, щоб покладатися на те, що він володіє або знає, здається, шлях вперед.

Як і в усіх проблемах розпізнавання образів, ключовим питанням є співвідношення між міжкласовою та внутрішньокласовою мінливістю: об'єкти можна надійно класифікувати, лише якщо мінливість між різними примірниками даного класу менша, ніж мінливість між різними класами. Деякі біологічні риси людини демонструють значну міжіндивідуальну мінливість: відбитки пальців і долонь, форма вух, рисунок райдужної оболонки ока тощо. Біометрія працює шляхом розпізнавання моделей у цих біологічних рисах, унікальних для кожної людини, щоб підвищити надійність розпізнавання.

Біометрія являє собою повернення до традиційного способу ідентифікації людини. Незважаючи на значну кількість досліджень, проведених у цій галузі, ще багато чого потрібно зробити, оскільки щодня з'являються нові галузі застосування методів розпізнавання людини. Системи біометричного розпізнавання не обмежуються лише судово-медичними розслідуваннями чи доступу співробітників фірм до конфіденційної інформації. Вони набувають помітності та застосовуються в пристроях щоденного використання, що посилює

їхню зручність використання в усіх аспектах нашого повсякденного життя. З таким розповсюдженням біометричних додатків, які сьогодні зазвичай зустрічаються в наших ноутбуках, наших смартфонах, деяких службах управління банками та спеціальними послугами аеропортів, потреба у покращенні безпеки також зростає. Важливість захисту нашої особистості та наших даних стала надзвичайно важливою, оскільки наші пристрої наповнені розумною інформацією багатьох видів.

Тому методи виявлення атак або живучості як протидії атакам спуфінгу важливіші, ніж будь-коли. Необхідно розробити нові методи, які пов'язані зі збільшенням шуму в зібраних біометричних даних.

При цьому важливо розробити надійні робастні методи розпізнавання людини. Для розпізнавання часто використовують райдужну оболонку ока, сітківку та відбитки пальця.

Розпізнавання людей за біометричними характеристиками відомо вже багато століть. Однією з найбільш використовуваних біометричних характеристик є відбиток пальця. Останнім часом ми також частіше зустрічаємо візерунок райдужки. Розпізнавання на сітківці пропонує такі ж надійні механізми, але вони ще недостатньо вивчені. Процедура отримання біометричного рисунка частково базується на відбитках пальців. У порівнянні з відбитками пальців, розпізнавання на сітківці ідентифікує біфуркації або оптичні перетини, тобто замість папілярних ліній використовуються судини. Процедура більш складна через багат шаровість, в якій перетинаються кровоносні судини. Ці біометричні ознаки дуже часто вибирають проти інших через їх стійкі характеристики для кожної людини.

Не тільки атаки підробки стосуються біометричних дослідників, але й здатність методів працювати з шумними даними. Тому розробка надійних методів, які покращують якість розпізнавання, є необхідністю сучасних біометричних досліджень. Тому метою було розробити надійні методи розпізнавання людини за райдужною оболонкою ока, сітківкою та відбитками пальців.

1 ОСОБЛИВОСТІ БУДОВИ РОГОВИЦІ, СІТКІВКИ, ТА ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ ЛЮДИНИ

1.1 Анатомія ока

Око — це куляста порожниста частина людського тіла, яка складається з трьох шарів: внутрішнього, зовнішнього та середнього. Зовнішній шар також можна назвати фіброзною оболонкою і складається зі склери та рогівки. Середній шар, або судинна оболонка, містить райдужну оболонку та циліарне тіло; а внутрішній шар, який називається нервовою оболонкою, складається з сітківки. На рисунку 1.1 зображено будову людського ока.

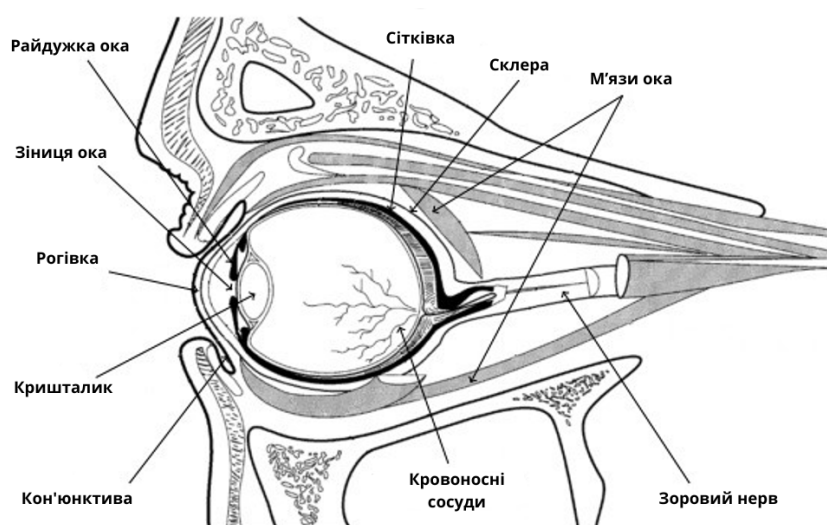


Рисунок 1.1 — Схематичне зображення людського ока

Спостерігаючи за людським оком, як показано на рисунку 1.1, неінвазивним способом можна побачити три його особливості: склеру, зіницю та райдужну оболонку. Склера, широко відома як біла область ока, є міцною волокнистою тканиною, яка оточує око та покликана захищати його, підтримувати тривимірну форму та з'єднувати його з деякими руховими м'язами. Зіниця - це чорна діра, розташована в центрі ока, яка дозволяє світлу проникати в сітківку. Райдужна оболонка — це кольорове кільце між склерою та зіницею,

вона виготовлена з еластичної тканини та призначена для контролю кількості світла, що надходить через зіницю. Райдужка починає формуватися протягом третього місяця вагітності, і її структура завершується до восьмого місяця, хоча пігментація продовжується протягом першого року після народження. Ці біологічні характеристики та хаотична поява візерунків на райдужній оболонці роблять його одним із найбільш придатних ознак для біометричних цілей.



Рисунок 1.2 — Фотографія людського ока

Людське око складається з багатьох робочих частин, таких як склера, рогівка, зіниця, кришталик, райдужка, циліарне тіло, сітківка, зоровий нерв, судинна оболонка тощо. Склера, білий зовнішній шар ока, працює як захисник ока. Рогівка, прозора кругла частина, заломлює світло, що потрапляє в око, на кришталик. Кришталик - це кристалічна частина, розташована безпосередньо за зіницею. Його завдання полягає в тому, щоб сфокусувати світло на сітківці. Зіниця - це темна пляма в центрі здорової райдужної оболонки. Він діє як затвор камери, оскільки кількість світла, що потрапляє в око людини, регулюється діаметром зіниці. Райдужна оболонка – кольорова видима частина ока, розташована перед кришталиком. Він регулює кількість світла, що надходить в око, шляхом розширення (розширення) і звуження (звуження) зіниці. Циліарне тіло доставляє кисень і поживні речовини до кришталика і рогівки. Він містить циліарний м'яз, який змінює форму кришталика, коли наші очі фокусуються на предметі. Зоровий нерв передає всю зорову інформацію від сітківки до мозку.

Судинна оболонка являє собою тонкий судинний шар між сітківкою і склерою. Він забезпечує киснем і живленням зовнішні шари сітківки. Він також містить пігмент, який поглинає надлишок світла.

1.2 Анатомія сітківки

Сітківка розташована в задній частині ока і є єдиною частиною центральної нервової системи, яку можна спостерігати неінвазивно. Він відповідає за сприйняття світлових променів і взагалі зір. Це дуже тонкий світлочутливий шар, який є прозорим. Ретинальні камери охоплюють глибші шари ока за шаром сітківки. Його товщина становить 0,2-0,4 мм і містить два типи світлочутливих клітин — палички і колбочки. Стрижні, яких приблизно від 75 до 150 мільйонів [3, 4], використовуються для більш чутливого зору при слабкому освітленні. Однак стрижні посилають інформацію в мозок лише у відтінках сірого. Навпаки, колбочки сприймають падаючі світлові промені кольоровими, але для функціонування їм потрібно більше світла, ніж паличкам. В одному оці їх близько 7 мільйонів і поділяються за сприйняттям кольорів на червоний, зелений і синій. У периферичній частині сітківки переважає паличка, а жовта пляма – конусоподібна. Низька щільність паличок у жовтій плямі робить її менш чутливою до світла.

Сітківку можна порівняти з 157-мегапіксельною камерою [3, 4].

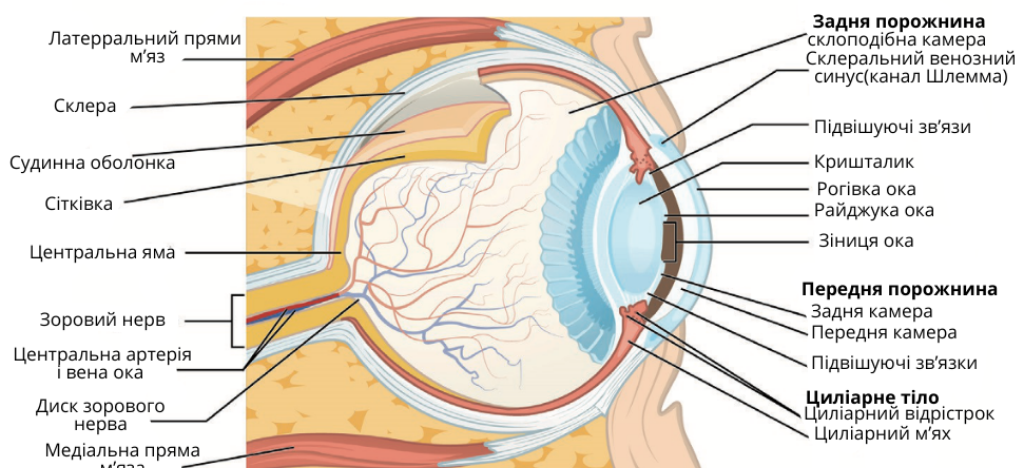


Рисунок 1.3 — Детальне зображення людського ока

На рис.1.3 показано дві основні частини сітківки. Це сліпа пляма (диск зорового нерва) і макула (жовта пляма). Диск зорового нерва — це кругла ділянка із середньою поверхнею близько 3 мм², де гангліозні клітини, тобто проєкційні нейрони, що передають інформацію від нейронів сітківки, утворюють зоровий нерв, центральна артерія сітківки входить у сітківку, а вена сітківки відходить від сітківки. Колір нормального диска зорового нерва варіюється від оранжевого до рожевого. Диск зорового нерва відомий як «сліпа пляма», оскільки він не містить фоторецепторів, тобто паличок і колбочок. Відповідні ділянки поля зору людині не видно. Однак, завдяки здатності мозку ігнорувати або інтерполювати відсутню інформацію від іншого ока, ми зазвичай не помічаємо сліпу пляму. Навпроти макули диска зорового нерва (жовта пляма) знаходиться найгостріша зона зору діаметром близько 5 мм. Найбільша концентрація колбочок на макулі робить її відповідальною за сприйняття кольорів. Фовея розташована в центрі макули з найбільшою концентрацією фоторецепторів в оці. Зображення предмета, що падає на макулу (жовта пляма), відбивається в ямці.

1.3 Судинна система сітківки

Будова судин сітківки багато в чому нагадує мозок і залишається незмінною протягом усього життя. Двома основними джерелами кровопостачання сітківки є артерія і судини сітківки. Кровоносні судини живлять фоторецепторами зовнішній шар сітківки. У той же час чотири основні гілки артерії сітківки, звані кінцевими артеріолами, забезпечують кровопостачання сітківки, живлячи в першу чергу її внутрішню частину.



Рисунок 1.4 — Камера очного дна

Одним із типів сканерів сітківки є фундус-камера, яка є спеціальним малопотужним мікроскопом із приєднаною камерою. На рис. 1.4 показано камеру очного дна, яка використовується для досліджень, де приклад щілинної лампи (зліва); приклад неінтраваскулярної камери очного дна (посередині); (праворуч) камера очного дна, яка використовується в біометричній лабораторії.

Незалежно від того, який тип сканерів сітківки використовується, без свідомої співпраці користувача отримання зображення сітківки неможливе.

Кровоносні судини виходять із сліпої плями й утворюють форму дерева на поверхні сітківки (показано на рис. 1.5). Ця форма дерева майже не змінюється протягом життя людини, за винятком деяких серйозних захворювань очей, таких як тверда глаукома та катаракта. На нього не впливає зовнішнє середовище,

оскільки сітківка не є таким зовнішнім органом, як відбиток пальця. Крім того, він відрізняється від людини до людини через багато факторів, таких як товщина судин, відстань від один одного, наявність біфуркацій (точок поділу однієї посудини), перетинів (точок перетину двох чи кількох суден), кінцевих точок судин тощо, які всі знаходяться в різних місцях і в різній кількості.

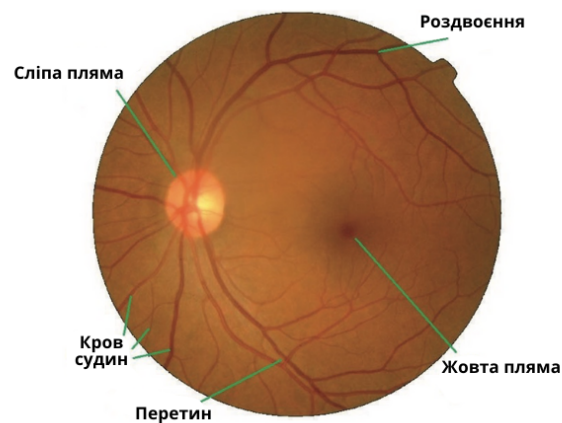


Рисунок 1.5 — Зображення сітківки

Судинна система сітківки виникає в основному шляхом ангиогенезу. Його формування та фактори, що регулюють розвиток поверхневого судинного сплетення сітківки у людини, вже досить відомі. Межклітинна передача сигналів, яка відбувається між різними клітинними компонентами, впливає на регресію судин, ангиогенез проростання, судинне ремоделювання та залучені події диференціювання судин. Ці клітинні компоненти включають нейрони, глію, ендотеліальні клітини, перицити та імунні клітини.

Інвазія мігруючих астроцитів, що виходять із зорового нерва і йдуть у сітківку, передуює розвитку судинної системи сітківки. Вони починаються від головки зорового нерва і поширюються на внутрішню поверхню сітківки відцентровим способом у вигляді клітинної популяції, яка проліферує. Вони утворюють стільникову сітчасту мережу, яка забезпечує кровоносні судини шаблоном у своєму руслі. Астроцити відчувають гіпоксію та посилено

експресують фактор росту ендотелію судин (VEGF) ще до того, як його покривають кровоносні судини. VEGF є ключовим стимулом для ангіогенезу. Він індукує міграцію ендотеліальних клітин і розширення новоутвореної судинної мережі на внутрішній поверхні сітківки. Потрохи астроцити починають знижувати експресію VEGF одразу після того, як сформувалася перфузована судинна мережа. Виникає типова зірчаста морфологія кровоносних судин сітківки. Вважається також, що ангіогенез проростання сформував глибші мережі судинної мережі сітківки, де нові паростки судин утворюються проліферуючими ендотеліальними клітинами, а судинна мережа розширюється від уже існуючих судин.

Наявність астроцитів пов'язана з кровоносними судинами сітківки. Астроцити та кровоносні судини сітківки покривають всю сітківку приматів, за винятком ямки приматів, яка не має астроцитів та кровоносних судин сітківки. У сукупності ці спостереження означають, що мережа астроцитів сітківки та судинна система сітківки пов'язані між собою в розвитку та еволюції.

Процес ангіогенезу сітківки пояснює, чому картина судинної мережі сітківки виглядає досить однорідною в популяції. Поруч з диском артеріоли більшою мірою зосереджені в зовнішній судинній оболонці, особливо назальній і скроневій частині диска. Хоріоїдальні артерії хвилясті або гофровані, деякі схожі на штопор, деякі мають одну або більше петель на 360° , а багато з досить щільно закрученими S-подібними поворотами.

Коли зовнішні судини обережно видаляються, видно дрібніші судини. Ззаду, найбільш помітно в підм'язовій області, судини середніх шарів сильно ускладнені. Гілки зазвичай неоднакові по довжині. Кути, утворені двома гілочками, коливаються від 30° або 40° до 180° , поширені T-подібні розгалуження. Після роздвоєння гілка може продовжувати рух по прямій, створюючи широку C-подібну криву від 240° до майже 360° і занурюючись усередину, щоб увійти в капіляри лише на невеликій відстані від материнського стовбура.

Більшість біфуркацій великих судинних артерій дихотомічні, і дуже гострий кут, утворений відгалуженнями, спрямований до диска. Друге і третє розгалуження можуть виникнути майже відразу, так що материнська судина, здається, розпадається віялоподібно на чотири або шість радіальних гілок після першого розгалуження. Анастомози між більшими хоріоїдальними артеріями не є поширеними, але частими є в менших гілках.

Зображення отримується на сітківці ока, як камера. Промінь спочатку проходить через зіницю ока, потім з'являється у фокусі лінзи на сітківці, нагадуючи плівку. Для візуального дослідження сітківки ока в медицині використовують спеціалізовані оптичні прилади.

Спочатку ми опишемо існуючі медичні пристрої, які використовуються для отримання та дослідження сітківки, а потім біометричні пристрої. Якісне сканування сітківки забезпечує спеціалізоване медичне обладнання. Однак два суттєвих недоліки спричиняють їх провал на біометричному ринку. По-перше, це дуже висока вартість, яка варіюється від тисяч (вживані пристрої) до десятків тисяч євро. По-друге, для збору даних потрібен медичний персонал, оскільки медичні прилади мають тільки ручний або напівавтоматичний режим. Поки що на ринку немає пристрою, який міг би працювати в повністю автоматичному режимі (без взаємодії з користувачем). Пристрій ще в розробці; однак його ціна вже оцінюється занадто високо для біометричного ринку.

Часто використовуваним офтальмологом приладом для огляду сітківки людини є прямий офтальмоскоп. Лікар оглядає сітківку через зіницю лише на відстані кількох сантиметрів. Недоліком цього пристрою є відносно невелика зона спостереження та необхідність співпраці пацієнтів.

Для більш ретельного спостереження за сітківкою доцільно використовувати так звану фундус-камеру. Після відносно тривалого охоплення та фокусування камера за короткий час робить знімок задньої частини ока, і лікар може переглядати його протягом будь-якого часу або шукати зміни в сітківці з моменту останнього огляду. Обертаючи око, можна оглянути велику ділянку сітківки.

Щілинна лампа дозволяє оглянути передній відділ ока за допомогою біомікроскопії.

Це, поряд з прямою і непрямю офтальмоскопією, є основними офтальмоскопічними методами дослідження переднього і заднього відділів ока, де найбільш широко використовується щілинна лампа. Фундус-камера, також відома як ретинальна камера, це спеціальний пристрій для відображення заднього сегмента зорового нерва, жовтих плям і периферичної частини сітківки. Він працює за допомогою непрямой офтальмоскопії, де прилад має вбудоване джерело первинного білого світла, яке можна модифікувати різними типами фільтрів.

Оптична система фокусується на людському оці, де світло відбивається від сітківки та повертається назад до об'єктива камери очного дна. Якщо мідріаз потрібно спочатку застосувати до ока, то використовується мідріатична фундус-камера. Його мета полягає в тому, щоб збільшити «вхідний отвір» зіниці, що дозволяє сканувати більшу частину сітківки. Немідріатичним камерам очного дна віддають перевагу. Мідріаз, з іншого боку, необхідний для деяких суб'єктів. Вартість цих пристроїв розраховується спеціалізованими медичними підприємствами і становить десятки тисяч євро.

Оптичний прилад має складну механічну конструкцію. Сканер працює на основі концепції медичних окооптичних пристроїв. Ці ретиноскопи або камери очного дна є складними пристроями, які також є досить дорогими.

Відбиття частини світла, яке вийшло від променя і потрапило на сітківку ока, сканується ПЗЗ-камерою. Ця концепція подібна до ретиноскопа, де лінза ока концентрується на поверхні сітківки завдяки налаштуванню на пучок світла, що виходить від неї. Офтальмологічна лінза приймає назад відбиття лише частини пропущеного світлового променя та переналаштовує його. Промінь виходить з ока під кутом, де він увійшов в око (зворотне відбиття). Зображення, що показує поверхню ока, можна отримати під кутом приблизно 10° навколо зорової осі, як на рисунку 1.6

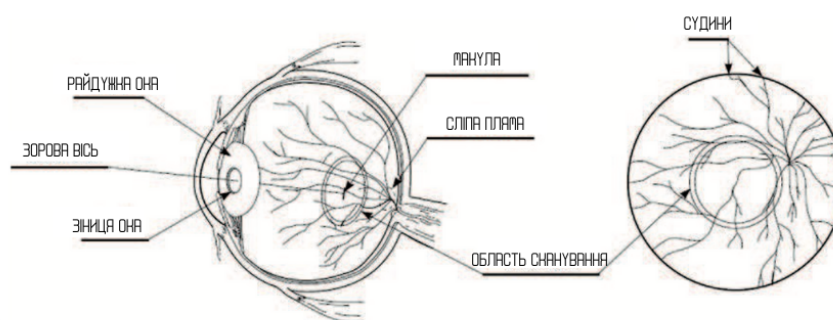


Рисунок 1.6 — Фонове зображення ока

Круговий знімок сітківки ока фіксується пристроєм на основі відбиття світла, що йде від рогівки, що було б марним при растровому скануванні.

1.4 Особливості відбитків пальців

Відбитки пальців – це графічні візерунки хребтів і западин на поверхні кінчиків пальців, закінчення хребта та біфуркація хребта називаються дрібними точками, як показано на рис.3. У запропоновано багато методів, заснованих на представленні відбитків пальців на основі дрібниць. Кожна людина має унікальний відбиток пальця будь-якої іншої людини. Ідентифікація відбитків пальців ґрунтується на двох основних припущеннях: - Варіантність та сингулярність. Варіантність : означає, що характеристики відбитка пальця не змінюються протягом життя. Сингулярність : означає, що відбиток пальця унікальний і немає двох людей, які мають однаковий шаблон відбитка пальця.

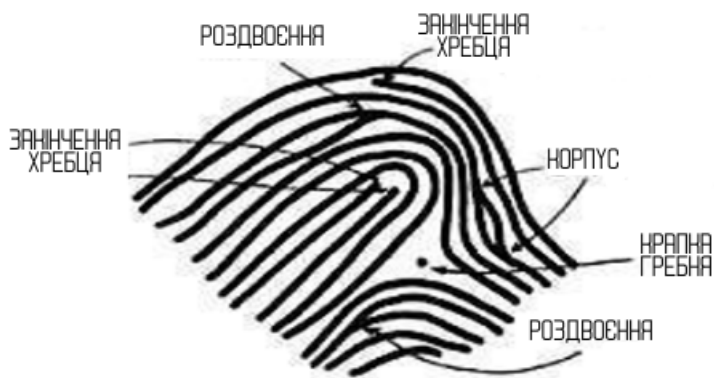


Рисунок 1.7 — Різні риси гребня на зображенні відбитка пальця

У таблиці 1.1 наведено терміни та визначення структури відбитків пальців

Таблиця 1.1 — Терміни та визначення структури відбитків пальців

№	Термін	Визначення
1	Припинення	Місце, де закінчується хребет.
2	Роздвоєння	Місце, де хребет ділиться на два окремих хребти.
3	Бінаризація	Процес перетворення зображення з 256 рівнів на два рівні (0,1) відноситься до (чорного та білого) відповідно
4	Проріджування	Процес зменшення ширини кожного виступу до одного пікселя.
5	Припинення кута	Розглядається як кут між напрямками хребета і горизонталю.
6	Роздвоєння кута	Який розглядається як кут між напрямком долини, що закінчується між біфуркаціями і горизонталлю.
7	Оцінка відповідності	Це міра подібності між вхідними даними та даними шаблону

2 ОГЛЯД МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛЮДИНИ

2.1 Біометричне розпізнавання та перевірка

Система біометричного розпізнавання (BRS) розпізнає особу шляхом аналізу випадкової моделі її фізіологічних або поведінкових характеристик, відомих як біометрія, які є унікальними, не підлягають передачі, незабутніми та завжди переносними. Серед біометричних характеристик ми також можемо зарахувати голос, підпис, обличчя, ходу, відбитки пальців, ДНК, запах, рисунок вен, геометрію руки, підпис, райдужну оболонку ока, сітківку ока тощо. BRS став звичайною вимогою в зонах суворого захисту, таких як ядерна заводах, військових об'єктах, наукових лабораторіях, грошових сховищах, на кордоні, в аеропортах, урядових установах тощо, а також у нашому повсякденному житті, як-от онлайн-банкінг, замикання автомобілів, доступ до будівель, розблокування телефону тощо. Порівняно з іншими біометричними даними, біометрія ока, яка включає райдужку та сітківку, пропонує вищий ступінь випадковості. Навіть для однойцевих близнюків рисунок кровоносних судин сітківки та райдужної оболонки дуже характерний. Крім того, біометрія ока залишається незмінною протягом усього життя людини. Тому рівень помилок BRS на основі біометрії ока дуже низький. Незважаючи на те, що біометрія обох очей забезпечує дуже високий рівень безпеки, ймовірність виникнення підрбок нижча в BRS на основі сітківки (RBRS), ніж на основі BRS на райдужній оболонці. Тому що без співпраці користувачів і спеціальної камери, наприклад камери очного дна або офтальмоскопа, неможливо отримати зображення сітківки. З іншого боку, зображення райдужної оболонки ока можна зафіксувати звичайною камерою на відстані.

У RBRS унікальний рисунок кровоносних судин на зображенні сітківки використовується для розпізнавання людини. У літературі, як правило, зустрічаються чотири типи підходів для виявлення унікальності судин сітківки,

серед яких один підхід полягає в зіставленні біфуркацій і перетинів структури кровоносних судин. Біфуркація - це місце, де одна кровоносна судина ділиться на дві гілки. Перетин — це місце перетину кровоносних судин. Натхненний ідеєю дрібниць відбитків пальців, Ортега та ін. стверджували, що використання біфуркацій і перетинів як характерних точок може подолати недолік RBRS, який використовує деревоподібну структуру кровоносних судин всієї сітківки, запропонований Mariño.

Сітківка підходить для біометричних цілей. Як уже зазначалося, рисунок кровоносних судин незмінний протягом життя людини. Крім того, сітківка добре захищена від зовнішнього середовища. Однак це також є недоліком, оскільки його захоплення відносно складне. Щоб однозначно ідентифікувати людину шляхом фіксації унікальності деревоподібних кровоносних судин ока, було запропоновано чотири типи підходів [16]: (i) використання загальних методів обробки сигналу та зображення на необроблених зображеннях сітківки; (ii) відповідність структури розгалуженої кровоносної судини в цілому; (iii) відповідні біфуркації та перетини структури кровоносних судин; та (iv) відповідність моделі суден, які перетинають чітко визначену область. У всіх цих підходах база даних створюється шляхом зберігання шаблонів, створених функціями на етапі навчання. Доступ до цих функцій здійснюється на етапі ідентифікації.

Унікальність або випадковість кровоносних судин у формі дерева можна виміряти біометричною ентропією, яка має одиницю в бітах. Чим більша біометрична ентропія, тим менший шанс, що дві сітківки двох різних людей збігаються. Існує два способи визначення біометричної ентропії [16]. Перший полягає у підгонці розподілу ознак до існуючих теоретичних моделей, а другий — у емпіричному визначенні ймовірності p відповідності шаблонів двох різних осіб. У другому випадку ентропія дорівнює $\log_2 p$. Аркала та ін. [16] виміряли біометричну ентропію в кільці навколо сліпої плями. Кожен сегмент судини був представлений триплетом: положення (у градусах навколо кільця), ширина (товщина в градусах) і кут (кут, який сегмент утворює з радіальною лінією від

кільця, що проходить через центроїд сегмента). Результат біометричної ентропії становив приблизно 17 біт. Це означає 10^{17} можливих комбінацій візерунків сітківки.

2.2 Унікальність сітківки

Зображення кровотоку в сітківці виявили унікальним для двох людей Карлтоном Саймоном і Ісідором Голдштейном у 1935 році. Пізніше вони опублікували статтю в журналі про ідентифікацію унікальних моделей у сітківці за допомогою візуалізації вен. Доктор Пол Тауер підтримав це і в 1955 році опублікував статтю про дослідження монозиготних близнюків. У статті йдеться про те, що рисунки судин сітківки мають найменшу схожість з усіма іншими дослідженими рисунками. Ідентифікація сітківки судин тоді була незмінною ідеєю.

Роберт Хілл, засновник EyeDentify у 1975 році, витратив більшу частину свого часу та зусиль на розробку простого та повністю автоматизованого пристрою, який може робити знімок сітківки ока та використовувати його для перевірки особи користувача. Однак ці пристрої не з'явилися на ринку навіть через кілька років.

Інші камери очного дна були модифіковані декількома іншими компаніями, щоб отримувати зображення сітківки, яке використовується для ідентифікації. Однак вони мали багато серйозних недоліків, таких як відповідне складне вирівнювання оптичної осі, спектри видимого світла, що викликає дискомфорт, і занадто дорогі камери.

Пізніше було відкрито та використано інфрачервоне (ІЧ) освітлення. Хоріоїд відображає випромінювання, що виходить від майже прозорих пучків, що потрапляють на нього. Це відображення створює зображення кровоносних судин в оці. Оскільки його не видно, діаметр зіниці не зменшується навіть під час опромінення ока.

Перший прототип ІЧ-пристрою був випущений у 1981 році. Він має оптичну камеру для освітлення ІЧ-випромінюванням. Камера була підключена до звичайного персонального комп'ютера, який буде використовуватися для аналізу знятого зображення за допомогою простого алгоритму кореляційного порівняння.

Система EyeDentification 7.5 була запущена через чотири роки компанією EyeDentify Inc. Її перевірка виконується за допомогою зображення сітківки ока та PIN-коду, який вводить користувач, а дані користувача зберігаються в базі даних [8, 21].

ICAM 2001 був останнім відомим пристроєм для сканування сітківки ока, виготовленим компанією EyeDentify Inc. Пристрій міг зберігати максимум 3000 суб'єктів із ємністю для зберігання 3300 транзакцій історії [8]. На жаль, продукт було вилучено через низьке сприйняття користувачами та високу ціну. Інші компанії, такі як Retica Systems Inc., працювали над прототипом пристрою для отримання інформації про сітківку ока для біометричних цілей, який міг би бути більш зручним для користувача та легшим для інтеграції в комерційні програми. На жаль, цей пристрій також зазнав провалу на ринку.

Обмеження біометрії сітківки ока перешкоджають її подальшому використанню як біометричної системи.

Досі не знайдено прийнятних рішень для цих недоліків .

Страх пошкодити очі - через міф про прилади, які пошкоджують сітківку. Рівень інфрачервоного випромінювання, що використовується цими пристроями, низький і доведено, що він абсолютно нешкідливий. Людям необхідно поділитися цією інформацією, щоб вони не боялися використовувати ці пристрої.

Використання на вулиці та в приміщенні - зворотний промінь світла, що двічі проходить через зіницю (один раз всередину, а потім назовні від ока), може бути значно послаблений, якщо зіниця об'єкта замала. Це може призвести до збільшення відсотка помилкових відмов.

Ергономіка - об'єкт зйомки повинен бути поруч із сенсором, що може викликати дискомфорт.

Важкий астигматизм - око необхідно сфокусувати в точці. Це може бути важко для людей із вадами зору, наприклад астигматизмом, який може негативно вплинути на створення шаблону.

Висока ціна - вартість оптичних пристроїв завжди вище, ніж ціна інших біометричних систем, таких як відбитки пальців або пристрої для розпізнавання голосу.

Розпізнавання на сітківці ока може використовуватись у зонах високого рівня безпеки, таких як розробка ядерної зброї та озброєння, навіть виробництво, державні та військові об'єкти та інша критична інфраструктура.

2.3 Огляд методів розпізнавання з використанням сітківки

Для розпізнавання зображень сітківки можна використовувати кілька схем. Наприклад, біометричне розпізнавання зображення сітківки має різні підходи. Фарзін і Хілл сегментували кровоносні судини для генерування характеристик і зберігання максимум 256 12-бітних вибірок, які потім згортаються до еталонного запису, що містить 40 байтів для кожного ока. У часовій області зберігається інформація про контраст. Fuhrmann витягли судини, які отримали код сітківки. Код сітківки - це двійковий код, що описує судини, що оточують оптичний диск.

Для того, щоб можна було використовувати запропонований алгоритм універсально, а отже, і для етапу верифікації, необхідно вибрати параметри з урахуванням кроків верифікації. На етапі перевірки при розпізнаванні зразків, які повинні бути ідентичними, ми стикаємося з проблемою неточності зображення. Нам практично ніколи не вдається сфотографувати абсолютно однаково. Є невеликі неточності, такі як поворот або масштабування зображення. Цими відхиленнями слід в незначній мірі ігнорувати.

Ще однією проблемою може бути відсутність деяких пунктів. Навіть ці неточності можуть вплинути на отриману оцінку подібності. На етапі перевірки це має бути з відносно низьким штрафом. Тому значення в попередньому розділі

вибрано таким чином, щоб той самий алгоритм міг використовуватися як для фаз розпізнавання, так і для перевірки.

2.4 Огляд методів розпізнавання райдужної оболонки ока

Даугман і Уайлдс запропонували два основні методи в області розпізнавання райдужної оболонки, які вважалися піонерами в цій галузі.

Розглянемо метод Даугмана. У своїй ранній роботі Даугман встановив основні принципи біометричної системи на основі райдужної оболонки ока. Його метод розпізнавання райдужної оболонки можна розкласти на чотири основні етапи, як показано на рис. 2.1. Ці основні етапи: сегментація райдужки; нормалізація райдужки; виділення ознак і порівняння або зіставлення ознак.

Розглянемо метод Уайлдса. У 1977 році Уайлдс представив метод, який суттєво відрізняється від методу Даугмана. Метод Уайлдса для розпізнавання райдужної оболонки можна розділити на три частини: отримання зображення; сегментація зображення та зіставлення шаблону, як показано на рисунку 2.2.

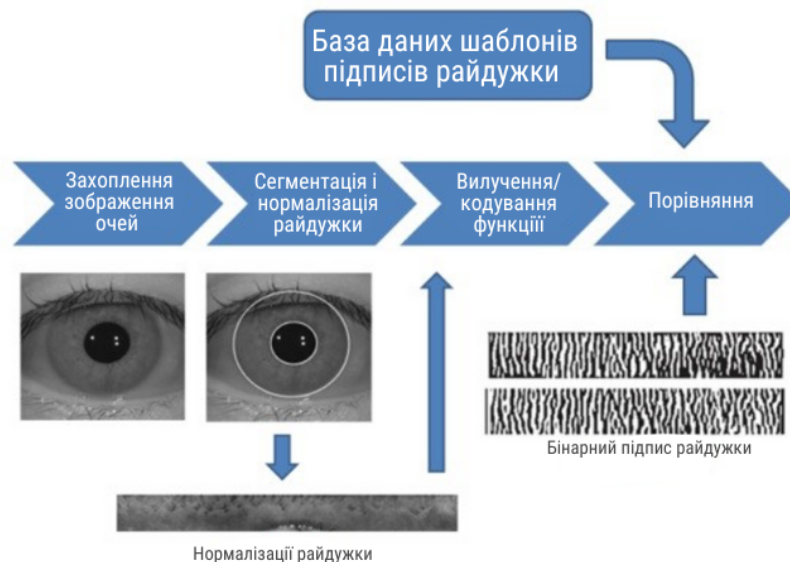


Рисунок 2.1 — Принципова діаграма методу розпізнавання райдужної оболонки ока Даугмана

У своїй роботі Уайлдс вважав, що, оскільки розміри райдужної оболонки настільки малі (близько 1 см діаметра), отримання її зображення повинно бути основною проблемою при розробці систем розпізнавання райдужної оболонки. Автор також наголошує на важливості отримання зображень з високою роздільною здатністю, чіткістю та хорошим контрастом у рисунку райдужної оболонки. Окрім цих двох аспектів, Уайлдс наголошує на тому, що зображення мають бути добре оформлені, а артефакти та перешкоди мають бути усунені.

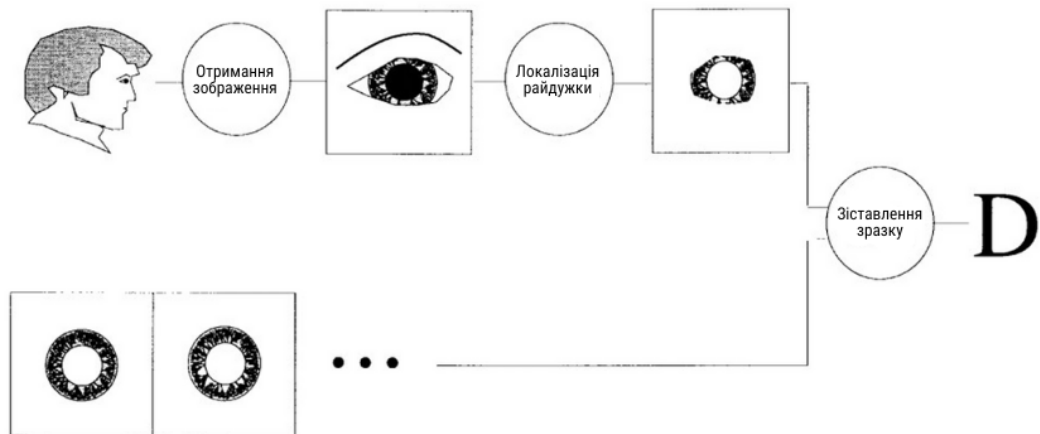


Рисунок 2.2 — Схематична діаграма методу розпізнавання райдужної оболонки Вайлдса

2.5 Огляд методів сегментації та нормалізації райдужної оболонки

Сегментація райдужки полягає у виявленні двох визначальних контурів області райдужки. Два головних контури можна визначити як розділові межі трьох вищезгаданих областей : лімбічний контур відокремлює райдужку від склери, а контур зіниці — райдужку від зіниці. Виявлення цих контурів є основною метою сегментації та важливим кроком у розробці високоточних систем розпізнавання. Після того, як область райдужної оболонки успішно сегментована із зображення ока, наступним етапом є трансформація області райдужної оболонки таким чином, щоб вона мала фіксовані розміри, щоб дозволити порівняння.

Оригінальний підхід до задачі сегментації був запропонований Даугманом і полягав у максимізації інтегро -диференціального оператора. Деякі проблеми виникають під час процесу кодування інформації, що міститься в сегментованій області райдужної оболонки, таким чином, щоб можна було порівнювати людей, коли спостерігаються різні розміри райдужної оболонки або коли розширення або звуження райдужної оболонки (в результаті не- рівномірне освітлення) є змінним. Щоб подолати ці обмеження, Даугман запропонував крок нормалізації, відомий як модель гумового листа . У цьому процесі кожне місце на зображенні райдужної оболонки визначалося двома координатами відносно попередньо виявленого центру райдужної оболонки: кутом від 0 до 360 градусів і радіальною координатою в діапазоні від 0 до 1, нормалізованою до радіуса райдужної оболонки. Для кожної радіальної координати вибирається ряд дискретних точок уздовж радіальної лінії, яка йде від мінімального значення радіальних координат до максимального (тобто від 0 до 1). Використовуючи цю техніку кодування, незалежно від розміру райдужної оболонки або рівня її звуження, отримується прямокутне зображення (з фіксованими розмірами, що дорівнює кількості точок, вибраних уздовж радіальної лінії та 360), що містить всю інформацію про райдужну оболонку.

У іншому підході Уайлдс запропонував метод, що передбачає виявлення країв з наступним циклічним перетворенням Хафа (СНТ). Після виявлення контурів виконується етап нормалізації, який полягає в процесі реєстрації зображення, де функція відображення застосовується до оригінального зображення для компенсації трансляційних і масштабних відмінностей між отриманими зображеннями та шаблонами бази даних.

Протягом багатьох років декілька робіт у галузі біометрії райдужної оболонки зосереджувалися на алгоритмах Даугмана та Уайльда, представляючи варіації на багатьох рівнях.

Деякі приклади методів, натхненних класичними методами: метод на основі СНТ, що використовується для кроку сегментації в алгоритмі Масека; система, яка змішала як підхід до сегментації СНТ, так і нормалізацію моделі

гумового листа, запропоновану Ма та ін.; Кричен та ін. заснований на фазовій відповіді фільтра Габора для локалізації райдужної оболонки, в якому крок сегментації є зміненою версією алгоритму Масека на основі СНТ; робота Abhyankar і Schuckers, яка починається з перетворення зображення райдужної оболонки ока в вейвлет-домен з подальшим покращенням контурів зображення, а потім завершується застосуванням детектора краю Canny для покращення та СНТ для виявлення обох лімбічної та зіничної межі. Радман та ін. розглядає просте рішення проблеми високої обчислювальної складності інтегро - диференціального оператора та СНТ шляхом локалізації початкового центру зіниці за допомогою кругового фільтра Габора (CGF).

Застосовуються методи активних контурів, наприклад у роботі Не за допомогою каскадного детектора райдужної оболонки Adaboost витягується приблизне положення центру райдужної оболонки, а потім центр і радіус круглої райдужної оболонки локалізуються за допомогою пружної моделі під назвою «витягування та штовхання»; Рой та ін. розглядають райдужну оболонку як некруглу структуру та використовують еліптичну модель підгонки, щоб відповідати як лімбічним, так і зіничним контурам, вдосконаленням процедурою геометричного активного контуру на основі процесу мінімізації енергії. Крім того, Цуо та Шмід запропонували сегментацію зіниці та райдужної оболонки шляхом підгонки повернутого еліпса.

Оскільки межі райдужної оболонки часто не є круглими чи еліптичними, техніка підгонки кривої може бути корисною для наближення реальних контурів райдужної оболонки. Кілька методів намагалися використовувати моделі активних контурів для точної локалізації нерівних меж райдужної оболонки. Ілюстративний приклад виявлення лімбічного та зіничного контуру представили Лу та Лу: спочатку вони використали модель, що деформується, для виявлення контуру зіниці, а потім інтегро -диференціальний оператор для виявлення лімбічної межі. Підхід, використаний Chen полягав у виявленні області склери ока, пороговому визначенні та фільтрації зображення для виявлення прямокутної області для локалізації райдужної оболонки. Потім за допомогою

горизонтального оператора Собеля отримується краєва карта області інтересу, а для виявлення лімбічної межі реалізується варіант динамічного програмування алгоритму СНТ. Цей метод коригує некругість райдужної оболонки ока поза кутом і поєднує перетин кіл, отриманих за допомогою двох алгоритмів СНТ, і лінійного перетворення Хафа для визначення повік. Rawar застосував геодезичні активні контури для виконання сегментації.

Аналіз текстури можна використовувати для виконання сегментації, як у методі, запропонованому Санчез Авіла та ін. на основі діадичного вейвлет-перетворення перетину нуля як сигнатури райдужної оболонки, де зображення були попередньо оброблені розтягуванням гістограми для сприяння виявленню лімбічної межі, а потім той самий алгоритм використовується всередині її області для виявлення межі зіниці. Метод Набті та Бурідана базується на багатомасштабному підході з використанням фільтрів Габора та коефіцієнтів вейвлет-перетворення для покращення процесу визначення країв, який визначає успіх сегментації райдужної оболонки. На основі градієнта інтенсивності та різниці текстур заснований метод Гуо та Джонса.

У методі Тап, по-перше, приблизне положення райдужної оболонки виділяється шляхом виконання схеми на основі кластеризації, щоб розрізнити райдужну оболонку-кандидатів і зображення, що залишилося. Потім регіони, отримані в результаті цього ітераційного процесу, аналізуються на конкретні характеристики райдужної оболонки, такі як округлість і відносне розташування щодо інших регіонів. Другий крок полягає в ітеративному пошуку найкоротшого шляху, який максимізує Даугмана інтегро -диференціальний оператор, щоб можна було виявити лімбічні та зіничні межі.

У роботі Чена та ін. градієнтний потік навколо центру райдужної оболонки відіграє важливу роль у сегментації лімбічного контуру.

Аналізуючи більшість методів, наведених у літературі, можна виявити деякі основні недоліки. Майже в усіх цих методах внутрішні та зовнішні межі, вії та повіки виявляються на різних етапах, що спричиняє значне збільшення часу обробки системою. Зазвичай внутрішню та зовнішню межі виявляють за

допомогою техніки підгонки кола. Це джерело помилки, оскільки межі райдужної оболонки не є точно колами, а в шумних ситуаціях зовнішня межа райдужної оболонки може не мати гострих країв.

Конкурс NICE був хорошим показником методів сегментації райдужної оболонки при необмеженому розпізнаванні райдужної оболонки з акцентом у роботі з VW-зображеннями з урахуванням характеристик даної бази даних UBIRIS.v2. Найефективніший метод використовував схему локалізації райдужної оболонки на основі кластеризації для виконання грубої локалізації райдужної оболонки з наступним підходом інтегро -диференційної констеляції для тонкого виявлення кордону зіниці та склерики, що не тільки прискорює традиційний інтегро -диференціальний оператор, але й покращує його глобальна конвергенція. Нарешті, параметричні моделі вчать працювати з століттями та віями. Другий класифікований метод локалізував і заповнював відображення в колірному просторі YIQ (яскравість-кольоровість) і дійшов висновку, що цей підхід має значні переваги для подальшої обробки. Потім він моделює межі райдужної оболонки за допомогою класичних інтегро -диференціальних операторів Даугмана, після чого виконується параметричне моделювання обох повік. Третій метод представив підхід, заснований на знаннях, натхненний парадигмою експертної системи, яка безпосередньо кодує набір «правил прийняття рішень». Четвертий метод виконував грубе, швидке виявлення очей і далі нормалізував їх область інтересу за допомогою методу кластеризації середніх. Їхня подальша обробка поєднує традиційні методи сегментації райдужної оболонки з техніками, схожими на RANSAC. Метод, класифікований у п'ятій позиції, використовував техніку на основі Adaboost для приблизної локалізації райдужної оболонки та компенсації помилок, які є результатом кругового моделювання обох меж райдужної оболонки після того, як пошук кордонів райдужної оболонки був обмежений виключно в межах невеликих смужок райдужної оболонки. зображення за допомогою лінеаризації райдужної оболонки. Вії та відблиски були видалені виключно в цих смугах і, нарешті, перенаклали отримані межі на вихідний домен. Шостий метод запропонував

дуже оригінальну стратегію, яка виявляє центр райдужної оболонки за допомогою методів проекції та використовує центр для перекладу цікавої області в полярну систему координат, де морфологічні оператори використовуються для приблизного сегментування зовнішньої межі райдужної оболонки, яка є потім проєктується назад до декартового простору, щоб придушити повіки та брови.

2.6 Витяг і зіставлення ознак отриманих райдужної оболонки

Для того, щоб забезпечити точне розпізнавання індивідуумів, необхідно витягнути найбільш дискримінаційну інформацію, присутню в рисунку райдужної оболонки. Потрібно закодувати лише важливі особливості райдужної оболонки, щоб можна було зробити порівняння між шаблонами. Більшість систем розпізнавання райдужної оболонки використовують смугове розкладання зображення райдужної оболонки для створення біометричного шаблону. Шаблон, який створюється в процесі кодування ознак, також потребуватиме відповідної метрики відповідності, яка дає міру подібності між двома шаблонами райдужної оболонки. Цей показник має давати один діапазон значень під час порівняння шаблонів, створених з одного ока, відомий як внутрішньокласове порівняння, та інший діапазон значень під час порівняння шаблонів, створених із різних райдужних оболонок, відомий як міжкласове порівняння. Ці два випадки мають давати різні та окремі значення, щоб можна було прийняти рішення з високою впевненістю щодо того, чи є два шаблони з однієї райдужної оболонки ока чи двох різних райдужних оболонок.

Оригінальний підхід до завдань виділення ознак і зіставлення, запропонований Даугманом, полягав у використанні 2D-фільтрів Габора для аналізу текстур і вилучення ознак. Щоб оптимізувати час обчислень і зменшити складність обчислень, результуючу фазову характеристику для кожного фільтра Габора було підсумовано в 2 біти: кожному пікселю призначається 1 для першого біта, якщо реальна частина фазової характеристики позитивна, і 0 для другого біта, якщо уявна частина від'ємна. Таким чином, для кожного зображення

райдужної оболонки був отриманий простий двійковий код, а процес зіставлення з шаблонами райдужної оболонки виконувався простими побітовими операціями. Мірою відмінності, використаною Даугманом, була нормалізована відстань Хеммінга, яка вимірює частку бітів, де два двійкові коди з сигнатури райдужної оболонки та шаблону райдужної оболонки не узгоджуються. Такий простий спосіб кількісного вимірювання несхожості був можливий лише завдяки етапу бінаризації відгуку фільтра Габора.

Метод, запропонований Уайлдсом, пропонує інший підхід. У цьому методі виділення ознак здійснюється шляхом багатоспектрального аналізу сегментованої райдужної оболонки з використанням фільтрів Лапласа -Гауса (LoG) із різними розмірами. Зіставлення здійснюється шляхом нормалізованої кореляції між тестованим зображенням бази даних і нормалізованим зображенням підпису, результат якого виражатиме значення подібності між двома зіставленими зображеннями.

Для цих етапів процесу розпізнавання райдужної оболонки після класичних робіт Даугмана та Уайлдса з'явилося багато різних методів.

Новий підхід був запропонований Тан та ін., де використовувалися як райдужна оболонка, так і періокулярні дані. Глобальні кольорові ознаки та локальні порядкові показники використовувалися для вилучення дискримінаційних даних із області райдужної оболонки, які пізніше були об'єднані з періокулярними даними, отриманими з представлень текстонів . Нарешті, об'єднання виконується за правилом суми з використанням нормалізованих балів, згенерованих для різних типів ознак. Wang та ін. використовував адаптивний алгоритм посилення, щоб побудувати потужний класифікатор райдужної оболонки ока, отриманий з набору двовимірних набору функцій на основі Габора, кожна з яких працює локально та відповідає певній орієнтації та масштабу. Враховуючи той факт, що межу зіниці особливо важко сегментувати в даних VW, автори навчили два різних класифікатора: один для райдужних оболонок, які вважаються точно сегментованими, а інший для випадків, коли межа зіниці не була точно сегментована. Сантос і Хойл об'єднали

набір методів розпізнавання, які можна розділити на дві основні категорії: методи текстурного аналізу на основі вейвлетів, застосовані до області райдужної оболонки, доповнені методами розподілу (гістограма орієнтованих градієнтів і локальних бінарних візерунків) і шкалою. Інваріантні перетворення ознак, які аналізують періокулярну область, що нещодавно було запропоновано як важливе доповнення для обробки погіршених зразків, по суті тому, що воно менш вразливе до проблем, що виникають через недостатнє освітлення або отримання даних із низькою роздільною здатністю. Шин та ін. почали з класифікації лівого та правого ока за розподілом в'ї, який вони використовували для зменшення простору пошуку. Крім того, вони об'єднали дві стратегії кодування та зіставлення, засновані на аналізі кольору та текстури, щоб отримати численні оцінки відстані, об'єднані за допомогою правила зваженої суми, яке, як стверджується, покращує поділ між розподілом збігу та неспівпадання. Лі та ін. використав нову зважену гістограму фази спільного появи для представлення локальних текстурних особливостей. Стверджується, що цей метод моделює розподіл як фазового кута градієнта зображення, так і просторового розташування, що долає головний недолік традиційної гістограми. Стратегія відповідності, заснована на відстані Бхаттачарія, вимірює якість відповідності між райдужними оболонками. Нарешті, автори дійшли висновку, що продуктивність покращується, коли проста схема реєстрації зображення враховує деформацію зображення. Марсіко та ін. запропонував використання неявних рівнянь для апроксимації як межі зіниці, так і лімбічної райдужки та виконання нормалізації зображення. Далі вони використовували методи вилучення локальних ознак, такі як лінійні бінарні шаблони та розрізнені текстони, щоб витягти інформацію з вертикальних і горизонтальних смуг нормалізованого зображення. Лі та Ма представили метод реєстрації зображень на основі алгоритму Лукаса-Канаде для врахування деформації рисунка райдужної оболонки. Працюючи з відфільтрованими зображеннями райдужної оболонки, цей метод ділить зображення на маленькі частини зображення та вирішує проблему реєстрації для кожного маленького зображення. Пізніше метод

послідовного прямого вибору шукає найбільш характерні фільтри з сімейства фільтрів Габора, приходячи до висновку, що дуже невелика кількість вибраних функцій здатна отримати задовільну продуктивність. Нарешті, Szewczyk представив напівемпіричний підхід, заснований на зворотному біортогональному діадичному вейвлет-перетворенні, емпірично вибравши біортогональний сплайн-вейвлет з компактною підтримкою, для якого можлива симетрія з FIR-фільтрами та трьома зникаючими моментами. Автори дійшли висновку, що такий метод створює короткий біометричний підпис (324 біти), який можна успішно використовувати для розпізнавання в таких складних умовах, підвищуючи його надійність.

2.7 Огляд систем розпізнавання відбитків пальців

Відбитки пальців є дуже точним і надійним методом. Система розпізнавання відбитків пальців широко використовується в інструментах ідентифікації та біометрії. Біометрія дає нам високу безпеку, тому наполегливо використовується протягом багатьох років. Ми коротко опишемо метод, підходи та алгоритм (алгоритм індексування, який використовується для ефективного пошуку зростаючого розміру відбитків пальців системи розпізнавання відбитків пальців. Ми також обговорили кроки, які столична поліція почала використовувати біометричні дані для ідентифікації. У 1901 році у Великобританії першим етапом є етап отримання або захоплення, попередня обробка (видалення зашумлених і небажаних даних) вилучення функцій і зіставлення для цілей розпізнавання відбитків пальців за допомогою деяких попередніх досліджень у деталях, крім того, ми висвітлили деякі проблеми безпеки, які виникають у підході до відбитків пальців, як-от підробка атаки для цієї мети Використовував знання про відбитки пальців шляхом виділення локальних фрагментів за допомогою методу розпізнавання відбитків пальців. FRS) є дуже хорошою, точною, ефективною та простою у використанні технікою, можуть виникнути деякі проблеми, але їх можна подолати з часом.

Розпізнавання відбитків пальців є одним із найпопулярніших і успішних методи ідентифікації особи, які використовують переваги того факту, що відбиток пальця має деякі унікальні характеристики, які називаються дрібницями; які є точками, де крива доріжки закінчується, перетинається з іншою доріжкою або розгалужується. Системи біометричної ідентифікації за відбитками пальців називаються AFIS (автоматична система ідентифікації за відбитками пальців). Розпізнавання відбитків пальців є однією з гарячих точок досліджень у біометрії. Відноситься до автоматизованих методів перевірки збігу між двома людьми за відбитками пальців. По суті, це складна проблема розпізнавання образів, у якій потрібно мінімізувати дві конкуруючі частоти помилок: частоту помилково прийнятих рішень (FAR) і частоту помилкових відхилень (FRR). Розвиток обчислювальної техніки можливості призвели до розробки автоматизованих систем автентифікації за відбитками пальців (AFIS), і це призвело до широких досліджень, особливо в останні два десятиліття. Необхідно дати всебічне охоплення проблеми розпізнавання відбитків пальців і розглянути її основні проблеми розробки та впровадження, а також дати уявлення про її майбутні перспективи.

Окрім різноманітних біометричних методів, протягом останніх кількох десятиліть люди були залежні від різноманітних технологій, таких як захоплені фотографії, скановані підписи, системи штрих-кодів, перевірка ідентифікатора тощо. Крім того, біометрія є одним із застосувань у обробці зображень, який відноситься до технологій, які використовують фізіологічні або поведінкові характеристики людського тіла для автентифікації користувача. Система біометричної автентифікації заснована на двох режимах: реєстрації та розпізнавання. У режимі реєстрації біометричні дані отримуються від датчика та зберігаються в базі даних разом з ідентифікатором особи для розпізнавання. У режимі розпізнавання біометричні дані повторно отримуються від датчика та порівнюються із збереженими даними для визначення особи користувача. Біометричне розпізнавання на основі унікальності та постійності. Унікальність означає відсутність схожості ознак між двома різними біометричними даними.

Наприклад, немає двох людей з однаковими відбитками пальців, навіть якщо вони близнюки. А коли особливості біометрії не змінюються протягом життя чи старіння, це називається постійністю. Будь-яка біометрична система включає два етапи: перший етап — це етап реєстрації, а другий — етап визнання. Етап розпізнавання ділиться на дві речі: перевірку та ідентифікацію. Під час етапу реєстрації біометричні дані збираються та генерують цифрове зображення, потім попередня обробка застосовується до цифрового зображення для видалення небажаних даних і застосовує постобробку, а потім зберігає ці дані в базі даних. У разі процесу ідентифікації відбиток пальця, отриманий від однієї особи, порівнюється з усі відбитки пальців, які зберігаються в базі даних. Також це відоме як (1:N) відповідність. Він використовується в процесі пошуку злочинців. У процесі перевірки відбиток пальця людини перевіряється з бази даних за допомогою алгоритмів відповідності. Він також відомий як (1:1) зіставлення. Це порівняння відбитка пальця заявника з відбитком пальця реєстрації, спочатку особа реєструє свій відбиток пальця в систему перевірки, і результат показує, чи збігається відбиток пальця, взятий від користувача, зі сховищем відбитків пальців як шаблоном у базі даних чи ні. . Процес реєстрації, ідентифікації та верифікації, показаний на рис. 1. Процес реєстрації, ідентифікації та перевірки

Поверхня кінчика пальця є комбінацією багатьох хребтів і багатьох западин.

Поверхня кінчиків пальців є комбінацією багатьох хребтів і багатьох долин. У випадку хребта, який оголошено чорними лініями, і долин, оголошених білими лініями, показано на рис.2.3 Контрольні точки – це точки, де змінюється структура хребта, наприклад біфуркація та кінцева точка.

Зараз старі методи безпеки пароль не є точним і видатним для захисту особистих речей, тому для цієї мети використовується біометрична система розпізнавання.

Відбитки пальців — це консолідація багатьох хребтів і багатьох западин на поверхні хребтів відбитків пальців оголошено чорними лініями, як показано на рисунку 2.3 і долину оголошують білими лініями]. Біометрія людини поділяється на дві категорії: поведінкова біометрії та фізіологічна біометрія.



Рисунок 2.3 — Графічне зображення хребта та долин, закінчення хребта, біфуркації та короткого хребта

Кожна людина має свої власні біометричні характеристики і за цими характеристиками може бути ідентифікована. Біометрична система відбитків пальців має чотири основні процеси або стажування, а саме: збір, витяг, рішення про порівняння або підтвердження чи ідентифікацію. Система розпізнавання відбитків пальців (FRS) вимагає порівняння або збігу його/її відбитків пальців із відбитками пальців у базі даних, щоб вказати осіб у сховищі. Інше важливе призначення системи — використовуватися як пристрій безпеки. У 1899 році Галтон вперше дослідив доцільність використання системи розпізнавання відбитків пальців для ідентифікації новонароджених дітей. Також можна було використовувати відбитки пальців для розпізнавання дітей віком 2,5 року. Автоматизована система ідентифікації відбитків пальців (AFIS) широко використовуваний метод аутентифікації (збіг 1:1) або ідентифікація та копіювання 1: N пошук осіб 1 і зараз поширений у всьому світі, забезпечує та точні. У сучасному суспільстві система розпізнавання відбитків пальців — це здатність достовірно ідентифікувати людей. Надзвичайно важливе застосування, як-от комп'ютерна безпека, міжнародний перетин кордону фінансових операцій і криміналістика.

Система розпізнавання відбитків пальців є широко використовуваною програмою, яка з часом стає популярною та оновлюється, оскільки перевіряє особу вручну. На ринку представлено багато методів для розпізнавання з точки зору людської поведінки. Біометрія забезпечує нам високу безпеку, тому

наполегливо використовується протягом багатьох років, і ця техніка дуже проста та легка у використанні. Біометрія розглядає потужний підхід, оскільки наша поверхня відбитків пальців не може змінюватися й залишатися незмінною протягом усього життя. Розпізнавання відбитків пальців використовується для ідентифікації в кількох відділах, оскільки безпека системи вважається найважливішим фактором у будь-якому відділі інформації та технологій. Спочатку користувач отримує реєстрацію в системі, у якій користувач надає основну та особисту інформацію, яка буде потрібна системі, а також користувач надає відбиток великого пальця в апаратний інтерфейс, який зберігатиме зображення відбитка пальця, а також інші інформацію про користувача в базу даних. Після процедури реєстрації користувач лише торкнеться пальцем апаратного інтерфейсу; система дозволить користувачеві увійти в систему (рис. 2.4).

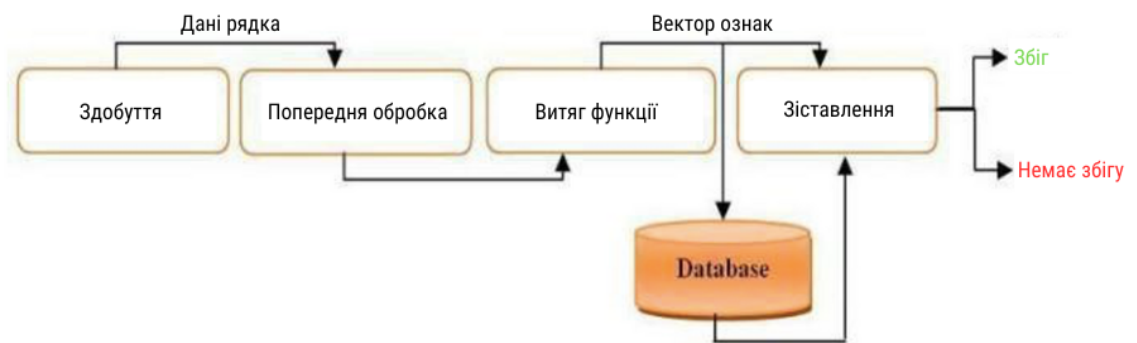


Рисунок 2.4 — Повний процес розпізнавання людини за відбитками пальців

Розглянемо кроки які необхідні для розпізнавання зображення.

Захоплення зображення/отримання зображення: це перший крок цей етап фіксації відбитків пальців за допомогою цифрових датчиків виглядає дуже розмитим і шумним, оскільки якість зображення не є належною [30]. Етап отримання зображення — це процес отримання зображень різними способами. Є два способи отримати зображення відбитка пальця; онлайн і офлайн. В онлайн-ідентифікації відбитків пальців оптичний зчитувач відбитків пальців

використовується для захоплення зображення відбитків пальців. Розмір зображення відбитка буде 260*300 пікселів. Ідентифікація відбитка пальця в автономному режимі здійснюється за допомогою чорнила в області пальця, а потім накладення аркуша білого паперу на відбиток пальця та, нарешті, сканування паперу, щоб отримати цифрове зображення.

Розглянемо попередню обробку: На другому кроці перевірте якість зображення краще, застосувавши повний алгоритм вартості, який видаляє всі пошкоджені ділянки, які з'являються на відбитку пальця, як-от шуми, відсутні деталі, розмитість тощо, і перетворює їх на високоякісне зображення. У високоякісному зображенні гребені та западини розпізнаються належним чином. Етап попередньої обробки — це процес видалення небажаних даних із зображення відбитків пальців, таких як шум, відображення тощо. Попередня обробка зображення відбитка пальця використовується для підвищення чіткості структури гребня. Юн і Чо адаптували метод попередньої обробки зображення відбитка пальця та витягли з нього п'ять ознак. Вони використовували метод кластеризації для аналізу якості зображення та покращення його своїми характеристиками. Це те, що попередня обробка виконується після визначення якості зображення відбитка пальця, пов'язаного з його характеристиками.



Рисунок 2.5 — Етапи попередньої обробки. При цьому: а) Оригінальне зображення, (b) Покращення, (c) Бінарне зображення

Вилучення функції: процес вилучення функції зображення відбитка пальця, нанесене на вихід етапу попередньої обробки. Процес виділення ознак

залежить від набору алгоритмів. Програма виділення ознак відбитка пальця призначена для визначення місцезнаходження, вимірювання та кодування кінцівок і біфуркацій у відбитку пальця. Існують різні способи вилучення функцій із зображення відбитка пальця. Відомим методом є алгоритм вилучення контрольних точок, який полягає у знаходженні контрольних точок і відображенні їхнього відносного розташування на відбитку пальця. Існує два типи контрольних точок; Закінчення хребта та біфуркація хребта. Використовуються просунутий метод для вилучення функції з відбитка пальця, який виконується за допомогою вилучення дрібниці безпосередньо з оригінальних зображень із рівнем сірого без використання бінаризації та зрідження, і вони використовують методи фільтра Gabor для вилучення функцій із відбитків пальців.

На цьому етапі визначаються різні характеристики відбитків пальців. Вилучення функцій базується на трьох рівнях, таких як рівень 1 це глобальний рівень (визначте дельту, виток і петлю). Рівень 2 це локальний рівень що потребує перевірте хребти, що не відповідають порядку, у більшості деталей. Рівень 2 працює над роздвоєнням, закінченням хребта). Рівень 3: дуже тонкий рівень це -білі пори.

Розпізнавання образів на четвертому кроці спочатку розділіть зображення на дві категорії. Теоретика прийняття рішень: на цьому кроці кількісний дескриптор працює з такими шаблонами, як текстура, площа, довжина. Структурний: реляційний дескриптор описується якісним дескриптором, який також зосереджується на шаблонах.

Більшість підприємств використовують послуги розпізнавання відбитків пальців для входу в систему, оскільки в попередніх технологіях призначення привілеїв було дещо складним. Послуги розпізнавання відбитків пальців дозволяють багатьом підприємствам, де підприємці можуть інтегрувати належні привілеї системи. Згідно з останніми дослідженнями, системи голосування повинні бути реалізовані з використанням алгоритмів відбитків пальців, які є менш витратними, оскільки існує багато проблем щодо фальсифікацій на

загальних виборах у кількох країнах, тому інтеграція систем електронного голосування має бути найбільшою оптимізована, а також інтегрована система також має базуватися на правильній ідентифікації, яку слід розглядати як майбутню роботу в галузі Інтернету речей і системної безпеки (Рисунок 2.6).

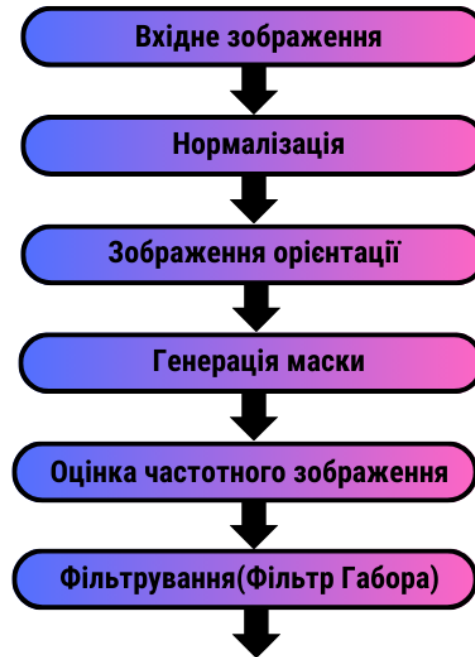


Рисунок 2.6 — Система розпізнавання пальців

Стадія відповідності :Етап зіставлення — це процес порівняння отриману функцію з шаблоном у базі даних. Іншими словами, етап зіставлення полягає в обчисленні ступеня подібності між вхідним тестовим зображенням (для користувача, коли він хоче підтвердити свою особу) та навчальним зображенням із бази даних (шаблон, створений під час реєстрації). Зіставлення можна здійснити трьома методами: ієрархічний підхід, підхід класифікації та підхід кодування. Ієрархічний підхід збільшує швидкість зіставлення ціною точності. Класифікаційні підходи призначають клас для кожного біометричного показника в базі даних. Існує багато методів класифікації, включаючи класифікатор KNN.

Перевагами ідентифікації за відбитками пальців є те, що він дуже точний, унікальний і ніколи не може бути однаковим для двох людей. Це найбільш економічна техніка. Він простий у використанні та потребує невеликого місця для зберігання.

3 МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛЮДИНИ

3.1 Методи розпізнавання людини за відбитками пальців і райдужною оболонкою ока на основі перетворення Хафа

Використаємо перетворення Хафа для ідентифікації відбитків пальців і райдужної оболонки в системах комп'ютерного зору. Представлений метод базується на перетворенні Хафа для нерегулярних об'єктів із простором параметрів, визначеним операціями трансляції, обертання та масштабування. Цей метод можна використовувати в системі ідентифікації або для аналізу зображень безпосередньо на сірих або кольорових зображеннях.

Задача виявлення складного шаблону в зображенні перетворюється на задачу пошуку локального максимуму в просторі параметрів. Фундаментальним елементом цього методу є узагальнене перетворення Хафа для сірого та кольорових зображень.

В системі комп'ютерного зору ідентифікація відбитків пальців і райдужних оболонок виконується з застосуванням попередньо класифікованих шаблонів. У запропонованому методі процес навчання шаблонів виконується у спосіб, який можна представити у вигляді алгоритму. Завдання ідентифікації візерунка M на зображенні B можна розглядати як визначення параметрів (w, k, α) , що однозначно описує його розташування (w, k) та орієнтацію α на заданому зображенні.

Перетворення Хафа має багато позитивних переваг, яких не мають інші методи, що використовуються для сегментації зображення. Кожна точка зображення розглядається окремо. Таким чином, метод може бути виконаний з використанням одночасних обчислень на багатопроцесорних системах. Ось чому перетворення Хафа підходить для систем реального часу. Також можна виявити частково деформовані об'єкти. Це пояснюється тим фактом, що значення даної одиниці накопичувача визначається кількістю точок зображення, які

відповідають шаблону. Метод нечутливий до інтерференції зображення. Це виявляється корисним для сегментації зображень низької якості, що, можливо, є найважливішою особливістю перетворення Хафа. Також можна виявити багато сегментів (в межах одного класу шаблонів) в одному зображенні, оскільки кожен з них генерує окремий локальний максимум або їх групу в накопичувачі.

Давайте визначимо двійкові цифрові зображення, тобто зображення, які формуються з наборів точок, які за домовленістю є чорними або білими. Такі бінарні зображення B можуть бути представлені розмірністю $[1, \dots, W] \times [1, \dots, K]$. Отже, ми можемо розглядати цифрове зображення як матрицю з індексами рядків і стовпців, що ідентифікують точку на зображенні.

Маючи зображення B , ми можемо визначити об'єкт $b(B)$ наступним чином:

$$b(B) = \{(x, y) \in D : B(x, y) = 1\}$$

Зображення B G з 256 рівнями сірого означає набір точок, які мають значення або «відтінок» із набору $\{0, \dots, 255\}$.

Шаблон M_w визначає зображення (квадратну матрицю) розміром $N_w \times N_w$

Основне застосування перетворення Хафа стосується виявлення прямих ліній. Необхідно розглянути таке рівняння прямої лінії:

$$\rho = x \times \cos(a) + y \times \sin(a)$$

Ця задача виявлення прямої лінії зводиться до встановлення пари параметрів (ρ, α) , яка однозначно описує лінію на площині.

На рис. 3.1 показано приклад зображення B , яке містить кілька точок. Він показує масив A , що відповідає цьому зображенню, яке є результатом застосування перетворення Хафа.

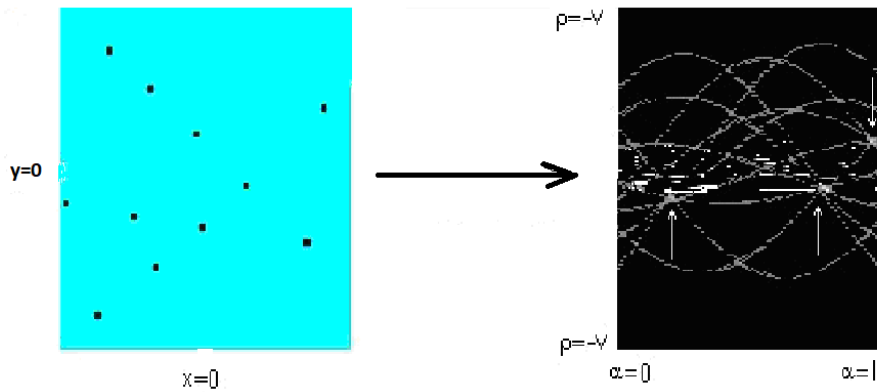


Рисунок 3.1 — Зображення V і акумулятор масив A отримано від обчислення в Хаф Трансформувати

Еквівалент будь-якої кривої лінії в межах простіру параметрів — це кілька прямих ліній, що закінчуються в точці (x, y) об'єкта $b(V)$ на зображенні V .

Значення будь-якого елемента $A(\rho, \alpha)$ в отриманому масиві являє собою кількість пікселів зображення V , що лежить уздовж прямої лінії, визначеної параметрами (ρ, α) . Три характерні елементи (локальні максимуми), які відповідають трьом прямим лініям від точок на зображенні V , позначені (стрілками) у масиві A . Отримані прямі лінії представляють шукані сегменти зображення V .

Спочатку цей метод цитувався в літературі (вперше Розенфельдом) і використовувався для виявлення прямих. Проте в 1972 році Дуда і Харт зробили перший крок до його застосування до аналітичних кривих. Перетворення Хафа було впроваджено для вирішення багатьох нових проблем, оскільки чисельні методи стали можливими, і знайшло широке застосування в багатьох аспектах комп'ютерного зору.

Перетворення Хафа наразі має різноманітні методи, які еволюціонували. Це : швидке перетворення Хафа, ймовірнісне перетворення Хафа, рандомізоване перетворення Хафа, ієрархічне перетворення Хафа, нечітке перетворення Хафа і перетворення Хафа з різною роздільною здатністю.

Найпоширенішими теоретичними проблемами є виявлення прямих ліній, кривих, дуг, багатокутників, кіл та еліпсів. Також можна застосувати перетворення Хафа до тривимірних зображень.

Застосуємо перетворення Хафа для неправильних об'єктів

Перетворення Хафа може бути успішно застосоване для виявлення нерегулярних об'єктів. У узагальненому перетворенні Хафа об'єкт представлено шаблоном, який є списком граничних точок $\{(x_i, y_i): i=1, \dots, n\}$ (без конкретного аналітичного опису), і простір параметрів визначається для трансляції $[x_T, y_T]$, обертання α та (альтернативно) масштабу візерунка на зображенні.

Перетворення Хафа $H(x_T, y_T, \alpha)$ для зображення з рівнем сірого $B_G(x, y)$ у процесі ідентифікації візерунка M_w визначається як

$$H(x_T, y_T, \alpha) = \sum_{(x_i, y_i) \in M_w} h(x_i, y_i, x_T, y_T, \alpha),$$

де

$$h(x_i, y_i, x_T, y_T, \alpha) = 255 - |B_G(x'_i, y'_i) - M_w(x_i, y_i)|, \quad (11)$$

за умови, що значення x'_i, y'_j розраховуються за такими формулами:

$$x'_i = x_r + (x_i - x_r) \cos(\alpha) - (y_i - y_r) \sin(\alpha) + x_T$$

$$y'_i = y_r + (x_i - x_r) \sin(\alpha) + (y_i - y_r) \cos(\alpha) + y_T$$

Вище формули відображати в ситуації ілюстрований в малюнок 2.

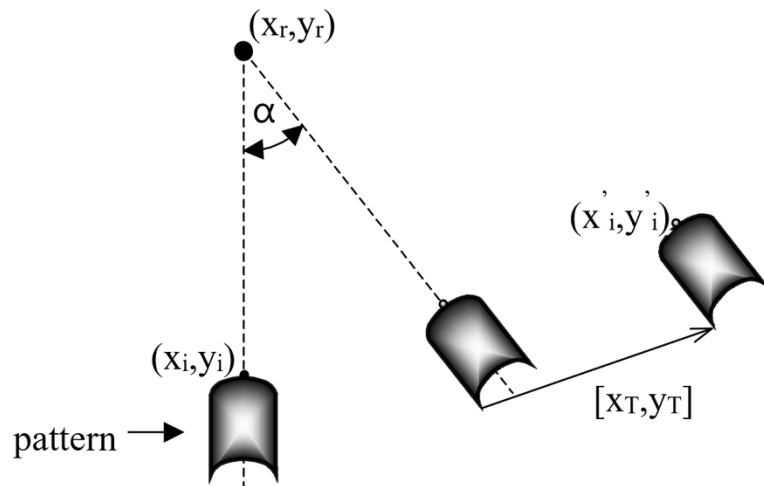


Рисунок 3.2 — Обертання і переклад з в візерунок в відношення до довільної точки

Як показують наведені вище формули, реалізація цього визначення перетворення Хафа дозволяє нам застосовувати метод безпосередньо до зображень із рівнем сірого. Це процес є ілюстрований на рис.3.2.

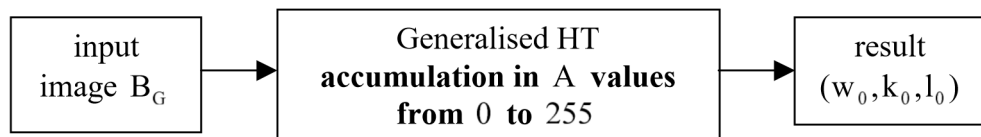


Рисунок 3.3 — Гаф трансформувати для рівня сірого зображення

На рис.3.4 показано початкове зображення, ідентифіковані візерунки та вміст накопичувача (для найкращого кута повороту шаблону) і ефект ідентифікації (позначений колом на початковому зображенні).

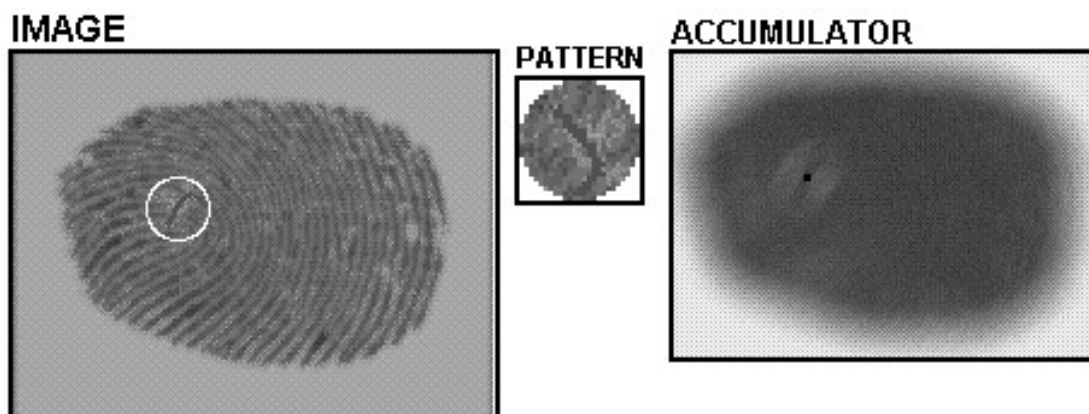


Рисунок 3.4 — Ідентифікація за частиною відбитка пальця

Розглянемо застосування функції гистограми. Функція гистограми є очевидною характеристикою патерну, незмінною відносно обертання. Дослідження гистограми вводиться в попередню схему, як показано на рис. 3.5. Гістограма візерунка $M \times W$ визначається лише один раз і порівнюється з гістограмами фрагментів зображення B , визначених у всіх можливих місцях шаблону.

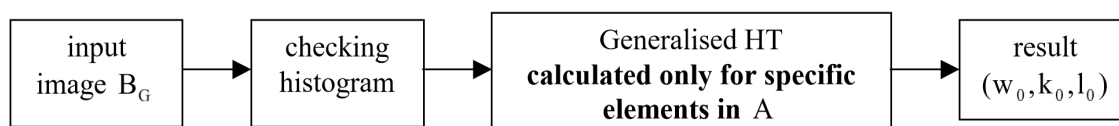


Рисунок 3.5 — Алгоритм з використанням гистограми

У комп'ютерній реалізації ми обчислюємо гистограму для шаблону, а потім порівнюємо її з гістограмами фрагментів і «відмічаємо» (записуємо значення -1 або 0) її в накопичувачі (наприклад, значення -1 означає, що немає необхідності обчислити перетворення для цієї одиниці).

Цей простий метод зменшує складність розрахунків, які виконуються для всього процесу. Наведений нижче приклад показує досягнення, досягнуті таким чином. Білі ділянки є ні розраховано (більше ніж 50%).

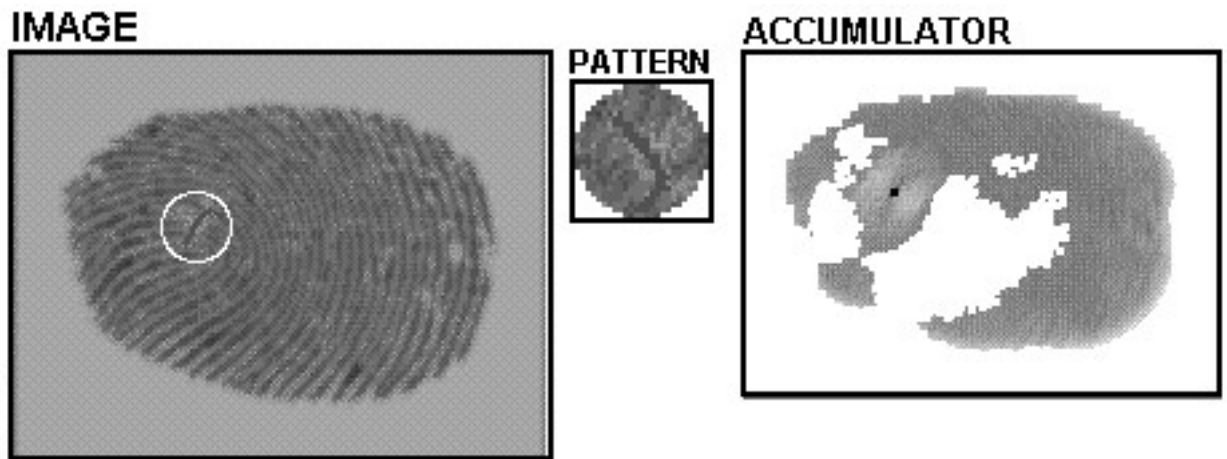


Рисунок 3.6 — Ідентифікація відбитка пальця

3.2 Метод ідентифікації відбитків пальців на основі перетворення Хафа

Біометричні технології вимагають, щоб комп'ютер записував відбиток пальця, райдужну оболонку ока або сітківку. Сканування відбитків пальців перетворює унікальні малюнки пальців на цифровий код. Виникає питання - що насправді робить відбиток пальця унікальним? Чіткий малюнок будь-якого відбитка пальця складається з виступів (піднятої частини шкіри) і борозен (нижньої частини шкіри). Найбільш унікальним і індивідуальним для даного відбитка є набір особливостей або характеристик, які називаються «дрібницями». Цей набір дрібних деталей несе інформацію про закінчення або розгалуження хребтів відбитків пальців, наприклад. Крім того, спосіб течії хребтів дуже характерний. Графічне представлення найважливіших характеристик показано на рис 3.7.

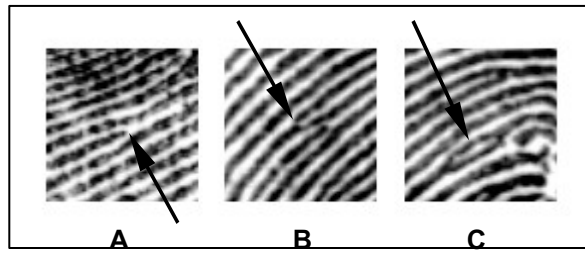


Рисунок 3.7 — Дрібниці приклади (А – Хребет Закінчення , В – Біфуркація , С – Корпус)

Усі відбитки пальців можна додатково класифікувати за категоріями на основі їх основних центральних візерунків [16]. Ці візерунки включають арку, наметову арку, петлю (ліву або праву), подвійну петлю та виток, які показано на рис. 3.8.



Рисунок 3.8 — Три істотний відбиток пальця класифікатори [5]

Завдання ідентифікації відбитків пальців ускладнюється перешкодами, наприклад, невідомим кутом повороту, відсутніми ділянками, дефектами зображення або зміщенням. Також може виникнути невелика проблема масштабування, якщо шаблон відбитків пальців був записаний у молодому віці. Запропонований метод ідентифікації відбитка пальця заснований на перетворенні Хафа і дозволяє ідентифікувати відбиток пальця, навіть якщо скановане зображення має низьку якість або інформація про кут повороту невідома.

Припущення цього методу полягає в тому, що в базі даних зберігається інформація про три різні характерні області відбитка пальця (3 шаблони) та їх

відстані (3 числа). Результат ідентифікації є позитивним, якщо всі три шаблони та їх відстані збігаються щодо необхідного порогу.

Метод перевірено на кількох зображеннях і шаблонах. Деякі результати наведено нижче. На малюнках 3.9 і 3.10 показані відскановані початкові зображення, ідентифіковані три патерни, вміст накопичувачів, отриманих для патернів (для найкращого кута повороту патернів), і ефект ідентифікації (позначений кружечками на сканованому зображенні). Необхідно зауважити, що інформація про кут повороту для шаблонів не була надана.

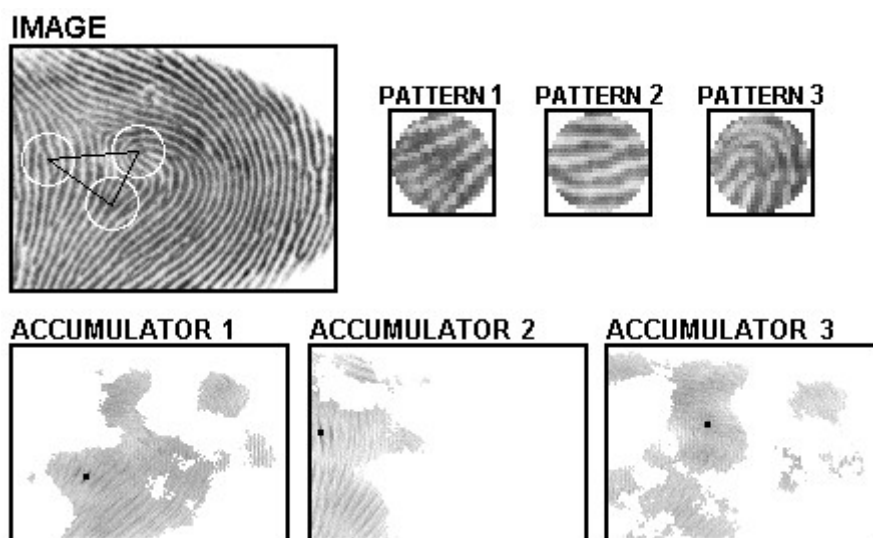


Рисунок 3.9 — Відбиток пальця ідентифікація результати

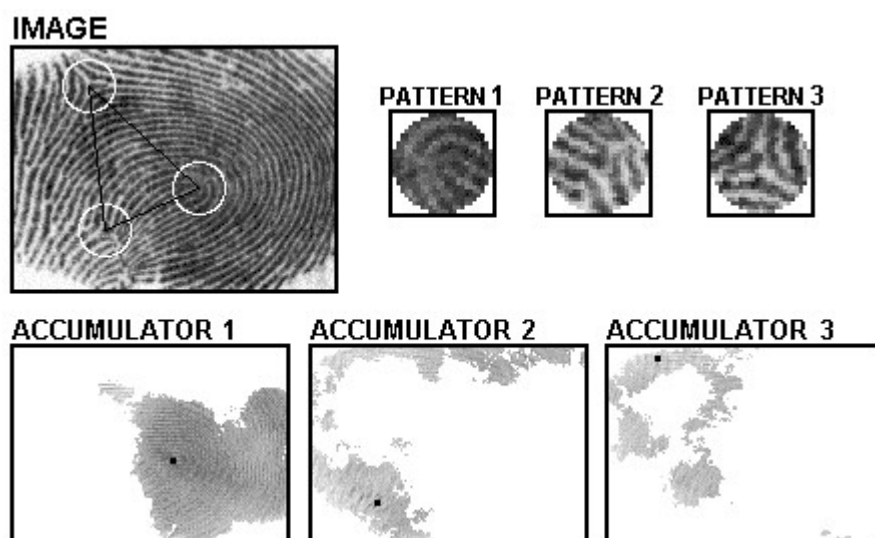


Рисунок 3.10 — Відбитки пальця ідентифікація результати (зображення має бути відскановані з нормою 20%. шум)

3.3 Метод ідентифікації райдужної оболонки ока на основі перетворення Хафа

Використовуючи аналогію з методом ідентифікації за відбитками пальців, можна використати методику Хафу у випадку ідентифікації райдужної оболонки (хоча структура візерунка райдужної оболонки більш унікальна, ніж структура відбитка пальця). Щоб досягти цієї мети, нам потрібно зробити аналогічне припущення, що в базі даних зберігається інформація для трьох різних характерних областей райдужної оболонки (3 шаблони) та їх відстані (3 числа). Додаткове припущення стосується процесу сканування. Настійно рекомендується сканувати райдужну оболонку в однакових умовах навколишнього середовища, інакше візерунки можуть не збігатися з райдужною оболонкою через реакцію очей на світло. Рішення про ідентифікацію базується на тому ж правилі, що описане раніше (шаблони зіставляються щодо необхідного порогу та їх відстані).

Деякі результати цього розробленого методу наведено нижче. На рис. 3.11 і рис. 3.12 показані скановані сітківки, три ідентифіковані візерунки, вміст накопичувачів, отриманих для візерунків (для найкращого кута повороту візерунка), і ефект ідентифікації (позначений кружками на сканованому зображенні).

Слід зазначити, що проблема повороту зображення райдужної оболонки менш інтенсивна, ніж у випадку ідентифікації за відбитками пальців (причина очевидна). Кольори райдужних оболонок в створюють додаткову перевагу. Цю властивість можна використовувати з метою попередньої класифікації. Модифікація перетворення Хафа таким чином дозволяє використовувати цю техніку безпосередньо на кольорових зображеннях.

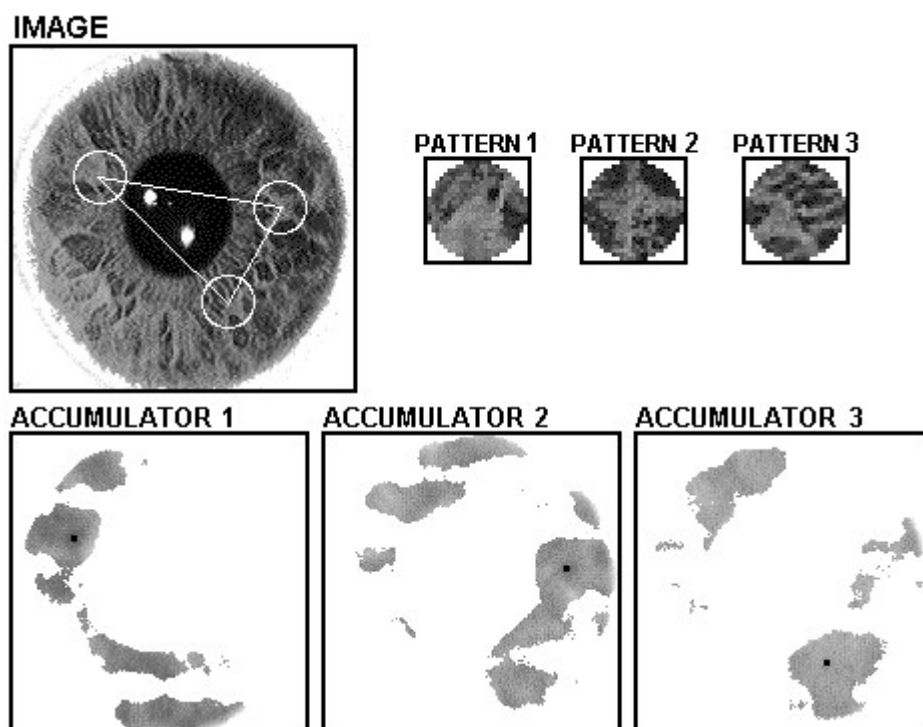


Рисунок 3.11 — Результати ідентифікації за райдужною оболонкою (вхід зображення без шум)

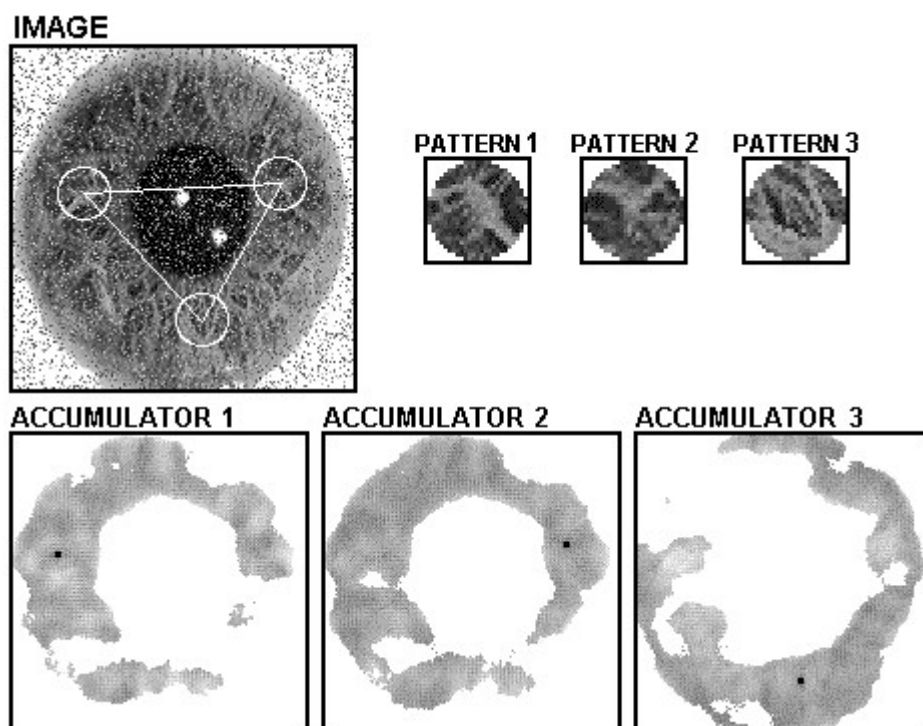


Рисунок 3.12 — Результати ідентифікації за райдужною оболонкою (зображення має бути відскановані з 20% спекл шум)

3.4 Розпізнавання за допомогою сітківки

За аналогією з методом ідентифікації за відбитками пальців, можна використати методику Хафа у випадку ідентифікації сітківки. Щоб досягти цієї мети, нам потрібно зробити аналогічне припущення, що в базі даних зберігається інформація для трьох різних характерних областей сітківки (3 шаблони) та їх відстані (3 числа).

Така біометрична система автентифікації використовує рисунок кровоносних судин сітківки. Біометрія сітківки аналізує шар кровоносних судин, розташованих у задній частині ока. Кровоносні судини в задній частині ока мають унікальний рисунок від ока до ока та від людини до людини. Сітківка, шар кровоносних судин, розташованих у задній частині ока, утворює ідентифікаційну картку досліджуваного. Зокрема, розпізнавання сітківки створює «підпис ока» з його судинної конфігурації, і його штучне дублювання вважається практично неможливим.

Біометрична система — це система розпізнавання образів, яка розпізнає особу на основі вектора ознак, отриманого з певної фізіологічної чи поведінкової характеристики, якою володіє ця особа. Проблему розв'язання ідентичності особи можна класифікувати на два принципово відмінні типи проблем із різною властивою складністю. Верифікація (також звана автентифікацією) відноситься до проблеми підтвердження або спростування заявленої особистості особи (чи я є тим, за кого себе виявляю?). Ідентифікація відноситься до проблеми встановлення особистості суб'єкта.

Особисті атрибути, які використовуються в біометричній системі ідентифікації, можуть бути фізіологічними, такими як риси обличчя, відбитки пальців, райдужна оболонка ока, сканування сітківки, геометрія руки та пальця; або поведінкові, ідіосинкратичні риси індивіда, такі як голос, хода, підпис і натискання клавіш.

У біометричній сфері з'явилася одна технологія: розпізнавання сітківки ока. У цьому документі пропонується біометрична система автентифікації, яка використовує малюнок кровоносних судин сітківки.

Сітківка — це тонкий шар клітин у задній частині очного яблука хребетних. Це частина ока, яка перетворює світло в нервові сигнали. Унікальна структура кровоносних судин сітківки була використана для біометричної ідентифікації.

Сканування сітківки є досить точним і дуже унікальним для кожної людини, і зазвичай вимагає, щоб користувач дивився в ємність і фокусувався на певній точці для сканування сітківки користувача. Сканування сітківки вимагає, щоб користувач (людина) зняв свої окуляри та розташував своє око близько до вбудованої лінзи пристрою, при цьому очна ямка спиралася на приціл. Щоб отримати зображення сітківки ока, користувач повинен дивитися прямо в лінзу і залишатися нерухомим, рух перешкоджає процесу отримання, що вимагає ще однієї спроби.

Технологія розпізнавання сітківки фіксує та аналізує візерунки кровоносних судин на тонкому нерві на задній частині очного яблука, який обробляє світло, що надходить через зіницю. Візерунки на сітківці ока є дуже характерними рисами.

Біометрія сітківки аналізує шар кровоносних судин, розташованих у задній частині ока. Кровоносні судини в задній частині ока мають унікальний малюнок від ока до ока та від людини до людини. Сітківка, шар кровоносних судин, розташованих у задній частині ока, утворює ідентифікаційну картку досліджуваного. Зокрема, розпізнавання сітківки створює «підпис ока» з його судинної конфігурації, і його штучне дублювання вважається практично неможливим.

Кожне око має свій унікальний малюнок кровоносних судин; навіть очі однойцевих близнюків різні. Хоча зазвичай кожна схема залишається стабільною протягом життя людини, на неї можуть впливати такі захворювання, як глаукома, діабет, високий кров'яний тиск і синдром аутоімунної недостатності.

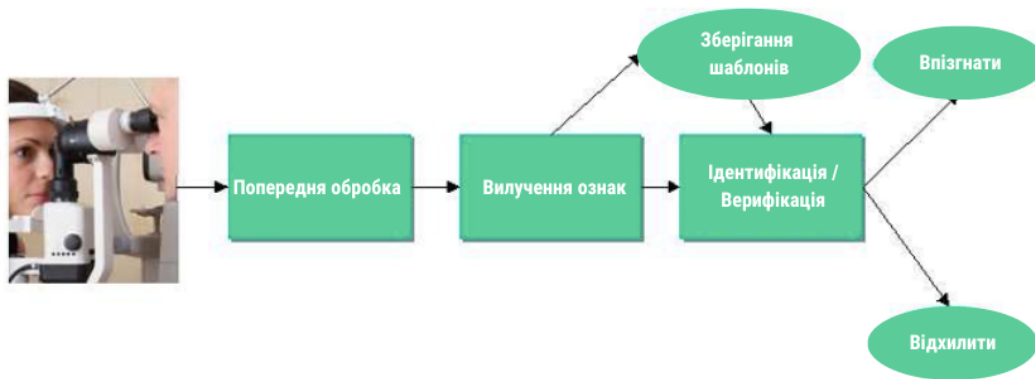


Рисунок 3.13 — Система аналізу за сітківкою зображення

Система включає наступні кроки. Це - отримання зображення сітківки, попередня обробка зображення (перетворення кольору, визначення країв тощо), оцінювання геометричних та текстурних особливостей, інтеграція геометричних і текстурних особливостей.

Розглянемо попередню обробку. Більшість цифрових зображень зберігаються в колірному просторі RGB. Простір кольорів RGB представлений основними червоним (R), зеленим (G) і синім (B) і є адитивною системою. Колірний простір RGB не є перцепційно однорідним, що означає, що два кольори з більшою відстанню можуть бути перцептивно більш схожими, ніж інші два кольори з меншою відстанню, або, простіше кажучи, колірні відстані у просторі RGB не представляє перцептивну колірну відстань.

Зображення очного дна містять повну кольорову інформацію. Першим кроком є розділення каналу на канали RGB і з трьох каналів кольорів вибирається зелений (G) компонент колірного простору RGB для розпізнавання кровоносних судин (рис.1). Додатково для представлення характеристики сітківки ми використовуємо компонент яскравості.

YCrCb — це закодований нелінійний сигнал RGB для стиснення зображення. Колір представлено яскравістю, обчисленою з нелінійного RGB, і двох компонентів кольоровості. Ці колірні простори поділяють RGB на інформацію про яскравість і кольоровість.

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_r \\ C_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299 & 0,587 & 0,114 \\ 0,500 & -0,419 & -0,081 \\ -0,169 & -0,331 & 0,500 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

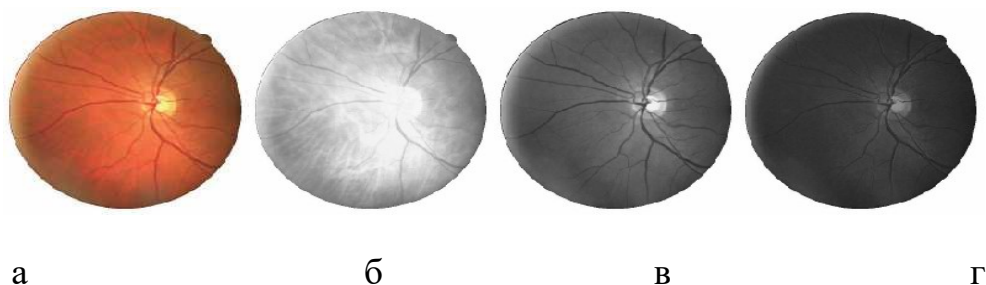


Рисунок 3.14 — Зображення сітківки в RGB кольорів: а) оригінальний б) червоний в) зелений г) синій канали

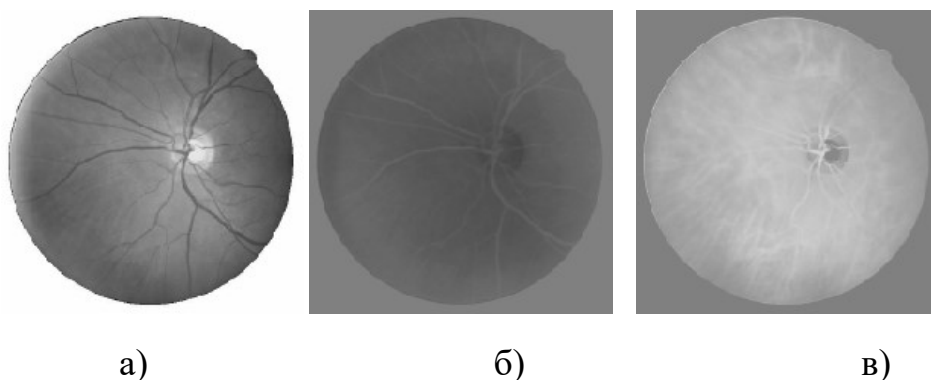


Рисунок 3.15 — Сітківка зображення в $Y C_b C_r$ колірному просторі: а) Y компонент, б) компонент C_b в) компоненти C_r

На етапах виділення геометричних ознак обробляється зображення сітківки з крайовими бінарними судинами. Центроїд бінарного зображення також є центром концентричних кіл радіуса r_i . Алгоритм використовує навколишнє коло судинної лінії сітківки для поділу її на радіальні перегородки. Для кожної контурної лінії задаємо такі характерні точки: – кінцеві точки контуру, біфуркації контуру, точки перетину контуру з концентричними колами. Вектор ознак, що відповідає топології судини, і кількість закінчень, біфуркацій і точок перетину з

концентричними колами зберігаються у векторі ознак. Крім того, зберігаються координати всіх виділених характерних.

Алгоритм зіставлення знаходить близькість двох сітківок, обчислюючи середню евклідову відстань двох векторів ознак. Було представлено новий метод розпізнавання сітківки ока на основі геометричних ознак. Експериментальні результати показали, що цей підхід є перспективним для покращення розпізнавання сітківки ока для ідентифікації людини.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розроблене програмне забезпечення з застосуванням пакету MathLab. Для оцінювання якості систем розпізнавання райдужної оболонки ока використовуються ряд параметрів.

При цьому FAR – це коефіцієнт помилкового прийняття що відповідає випадку, що неуповноважена особа отримує помилково доступ до системи. При цьому коефіцієнт помилкових відхилень (FRR) це ймовірність того, що система неправильно відмовить уповноваженій особі у доступі.

Параметри FAR, і FRR залежать від різних порогових значень. Рівний коефіцієнт помилок (EER) визначається як точка перетину між кривими FAR і FRR.

Як правело поріг, визначається при значенні для якого обидва FAR та FRR однакові. Розрахункові формули для цих параметрів наведено в формулі :

$$FAR(\eta) = \frac{false_accept(\eta)}{length(impsc)}$$

$$FRR(\eta) = \frac{false_reject(\eta)}{length(gensc)}$$

$$FRR(\eta) = \frac{false_reject(\eta)}{length(gensc)}$$

$$EER = \frac{FAR(\eta) + FRR(\eta)}{2}$$

де η - це поріг, при якому криві FAR і FRR перетинаються між собою.

Таблиця 4.1 — Результати якості розпізнавання

Бази даних роговиці	Кількість зображень	Правильно розпізнані зображення	Не вірно розпізнані зображення	Середня помилка розпізнавання
Casia V1	756	665	91	13,04 %
MMU 1	450	435	15	3,34 %

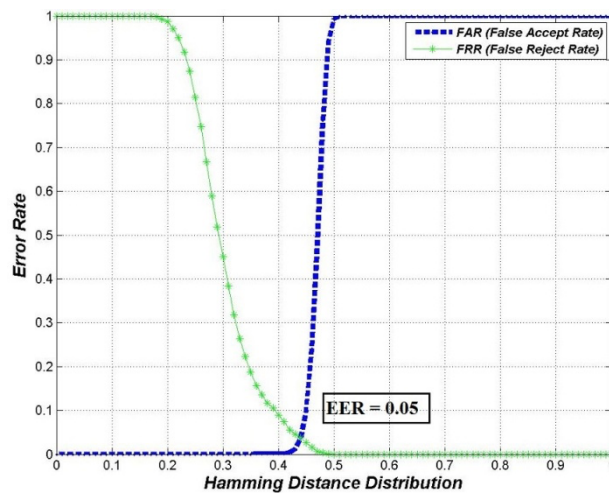


Рисунок 4.1 — Частота помилок (FRR = FAR) бази даних Casia V1.

За результатами експериментальних досліджень знайдено ймовірності середніх помилок для методу розпізнавання за різними біометричними ознаками, що наведено в таб.4.2.

Таблиця 4.2 — Результати якості розпізнавання

Зображення	Середня помилка розпізнавання
Райдужної оболонки ока	3,4 %
Сітківки ока	3,7 %
Відбитки пальців	4,3 %

Таким чином отримано, що найкраще розпізнавання за райдужною оболонкою ока. Розпізнавання за декількома біометричними ознаками одночасно дозволяє зменшити ймовірність похибки. Так, наприклад за райдужною оболонкою ока середня помилка буде 3,1 %.

ВИСНОВКИ

Верифікації на основі райдужної оболонки ока людини, сітківки, відбитків пальців набувають все більшого поширення через їх більш високу точність та надійні.

Розглянуто метод ідентифікації райдужної оболонки ока людини, сітківки, відбитків пальців на основі перетворення Хафа.

Експериментальні дослідження методу розпізнавання райдужної оболонки підтверджує твердження про його високу точність і надійність.

Проведені експериментальні дослідження показали прийнятний результат як у сегментації, так і в розпізнаванні людей за зображеннями.

При цьому правильна сегментація є найважливішою фазою техніки біометричного розпізнавання. Тому особливу увагу потрібно приділяти сегментації зображення.

Отримано, що найкраще розпізнавання за райдужною оболонкою ока. Розпізнавання за декількома біометричними ознаками одночасно дозволяє зменшити ймовірність похибки. Так, наприклад за райдужною оболонкою ока середня помилка буде 3,1 %.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Anagnou A., Blackledge J. M.: Research Report - Pattern Recognition using the Hough Transform. Sciences and Engineering Research Centre, De Montfort University, Leicester 1993.
2. Atiquzzaman M.: Multiresolution Hough transform - An efficient method of detecting patterns in images. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 14, no. 11, 1992, 1090-1095.
3. Ballard D. H.: Generalizing the Hough Transform to Detect Arbitrary Shapes. Readings in Computer Vision: Issues, Problems, Principles, and Paradigms. Los Altos, CA. 1987, pp. 714-725
4. Blackledge J. M.: Spatial data representation for rotation invariant correlation. Sciences and Engineering Research Centre, De Montfort University, Leicester 1996.
5. Chang D. H.: Final Report - Fingerprint Recognition Through Circular Sampling. Center for Imaging Science, Rochester Institute of Technology, May 1999 (http://www.cis.rit.edu/~dxc0331/web_thesis/contents.html).
6. Coetzee L., Botha E. C.: Fingerprint Recognition In Low Quality Images, Pattern Recognition 26, pp. 1441-1460, 1993
7. Davies E. R.: Minimising the search space for polygon detection using the generalised Hough transform. Pattern Recognition Letters, vol. 9, no. 3, 1989, 181-192.
8. Deans S. R.: Hough transform from the Radon transform. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 3, no. 2, 1981, 185-188.
9. Duda R. O., Hart P. E.: Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures. Comm. ACM., vol. 15, 1972, 11-15.
10. Han J. H., Koczy L. T., Poston T.: Fuzzy Hough transform. Pattern Recognition Letters, vol. 15, no. 7, 1994, 649-658.

11. Hong L., Wan Y., Jain A. K.: Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 20, pp. 777-789, 1998
12. Hough P. V. C.: Method and means for recognizing complex patterns. U.S. Patent 3,069,654, Dec. 18, 1962.
13. Illingworth J., Kittler J., A survey of the Hough Transform. Computer Vision, Graphics and Image Processing 44, 1988, pp. 87-116.
14. Jain A. K., Bolle R., Pankanti S.: Biometrics: Personal Identification in Networked Society. Kluwer Academic, December 1998.
15. Jain A. K.: Fundamentals of Digital Image Processing. Prentice-Hall, New Jersey 1989.
16. Jain A. K., Pankanti S.: Fingerprint Classification and Matching, to appear in The Image and Video Processing Handbook, A. Bovik (ed), Academic Press, 2000 (<http://biometrics.cse.msu.edu/publications.html>). :LWROG)RUVNL HW DO_54
17. Karu K., Jain A. K.: Fingerprint Classification. Pattern Recognition, Vol. 29, No. 3, pp. 389-404, 1996.
18. Kierkegaard P.: A method for detection of circular arcs based on the Hough transform. Machine Vision and Applications, vol. 5, no. 4, 1992, 249-263.
19. Kiryati N., Eldar Y., Bruckstein A. M.: A probabilistic Hough transform. Pattern Recognition, vol. 24, no. 4, 1991, 303-316.
20. Й. Даугман. Як працює розпізнавання райдужної оболонки. Матеріали Міжнародної конференції з обробки зображень 2002 р., 2002
21. Leavers V. F.: Shape Detection in Computer Vision Using the Hough Transform. Springer, London 1992.
22. Leavers V. F.: The Dynamic Generalized Hough Transform: Its Relationship to the Probabilistic Hough Transforms and an Application to the Concurrent Detection of Circles and Ellipses. CVGIP – Image Understanding, vol. 56, no. 3, 1992, 381-398.

23. Li H., Lavin M. A., LeMaster R. J.: Fast Hough transform. Proceedings of the Third Workshop on Computer Vision: Representation and Control (Bellaire, MI, October 13-16, 1985), IEEE Publ. 85CH2248-3, 75-83.
24. Li H., Lavin M. A., LeMaster R. J.: Fast Hough transform: a hierarchical approach. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, vol. 36, 1986, 139-161.
25. Lot R. C., Tsai W. H.: Grey-scale Hough transform for thick line detection in grey-scale images. Pattern Recognition, vol. 28, no. 5, 1995, 647-661.
26. McLaughlin R. A., Alder M. D.: Technical Report - The Hough Transform versus the UpWrite. Tech. Rep. 97/2, The University of Western Australia, Centre for Intelligent Information Processing Systems, Dept. of E.E. Eng., U.W.A., Stirling Hwy, Nedlands W.A. 6907, Australia 1997, Available from http://ciips.ee.uwa.edu.au/Papers/Technical_Reports/.
27. McLaughlin R. A.: Technical Report - Randomized Hough Transform: Improved ellipse detection with comparison. Tech. Rep. 97/1, The University of Western Australia, Centre for Intelligent Information Processing Systems, Dept. of E.E. Eng., U.W.A., Stirling Hwy, Nedlands W.A. 6907, Australia 1997, Available from <http://ciips.ee.uwa.edu.au/Reports/>.
28. Pao D., Li H. F., Jayakumar R.: Detecting parametric curves using the straight line Hough transform. Tenth International Conference on Pattern Recognition (Atlantic City, NJ, June 16-21, 1990), IEEE Catalog No. 90CH2898-5, 1990, subconference B, 620-625.
29. Pao D., Li H. F., Jayakumar R.: Shapes recognition using the straight line Hough transform: Theory and generalization. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 14, no. 11, 1992, 1076-1089.
30. Pei S. C., Horng J. H.: Circular arc detection based on Hough transform. Pattern Recognition Letters, vol. 16, no. 6, 1995, 615-625.
31. Ratha N., Karu K., Chen S., Jain A. K.: A Real-time Matching System for Large Fingerprint Database. IEEE Trans. On Pattern Anal. Machine Intell., Vol. 18, No. 8, pp. 799-813, 1996.

32. Ratha N., Rover D., Jain A.K.: Fingerprint Matching on Splash 2, in Splash 2: FPGAS in a Custom Computing Machine, Buell D., Arnold J. and Kleinfolder W. (eds.) IEEE Computer Society Press, pp. 117-140, 1996 (<http://biometrics.cse.msu.edu/publications.html>).
33. Rosenfeld A.: Picture Processing by Computer, Academic Press, New York / London 1969.
34. Xu L., Oja E.: Randomized Hough transform (RHT): basic mechanisms, algorithms, and computational complexities. CVGIP - Image Understanding, vol. 57, no. 2, 1993, 131-154.
35. Yuen H. K., Princen J., Illingworth J., Kittler J.: Comparative study of Hough Transform methods for circl finding. Image and Vision Computing, vol. 8, no. 1, 1990, 71-77.
36. Zorski W.: Application of the Hough transform with a clustering technique to segmentation of digital images. Machine Graphics & Vision, 5, 1996, pp. 111-121.
37. Zorski W., Foxon B., Blackledge J., Turner M.: Application of the Circle Hough Transform with a Clustering Technique to Segmentation of Digital Images. Biuletyn IAIr WAT, 10, 1999, pp. 69-79.
38. Т. С. Лі, Л. Тай Сінг та Т. С. Лі, «Представлення зображень за допомогою 2D Вейвлет Габора», , No10, с. 959–971, 1996