

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

ФАКУЛЬТЕТ АВТОМАТИЗАЦІЇ І ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА КІБЕРБЕЗПЕКИ І КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему: **ТЕХНОЛОГІЯ БІОМЕТРИЧНОГО КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ НА
ОСНОВІ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ**

Виконав студент 2-го курсу, групи БІКСм-24

Піддубний Д. А.

Керівник к.т.н., доцент Ізмайлова О. В.

Київ 2025

МЕТА РОБОТИ

- Метою даної дипломної роботи є дослідження технології біометричного контролю доступу на основі відбитків пальців з апаратно-програмною реалізацією. Проєкт передбачає створення системи контролю доступу на основі відбитків пальців, яку зможе дозволити собі кожен бажаючий користувач для захисту особистої інформації від несанкціонованого доступу.
- **Об'єктом дослідження** є процес забезпечення доступу в системі контролю доступу з використанням біометричних технологій.
- **Предметом дослідження** є оптимізація технології біометричного контролю доступу на основі відбитків пальців, її програмно-апаратна реалізація, та експериментальне дослідження результатів на її основі.

Для досягнення поставленої мети у дипломній роботі було необхідно вирішити такі основні задачі:

- Проаналізувати сучасні СКД і методи біометричної ідентифікації;
- Проаналізувати види відбитків, порівняти методи їх зняття, визначити глобальні та локальні ознаки;
- Розробити структуру та принцип функціонування біометричної системи контролю доступу;
- Реалізувати апаратно-програмний прототип системи;
- Провести тестування та оцінити працездатність системи.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

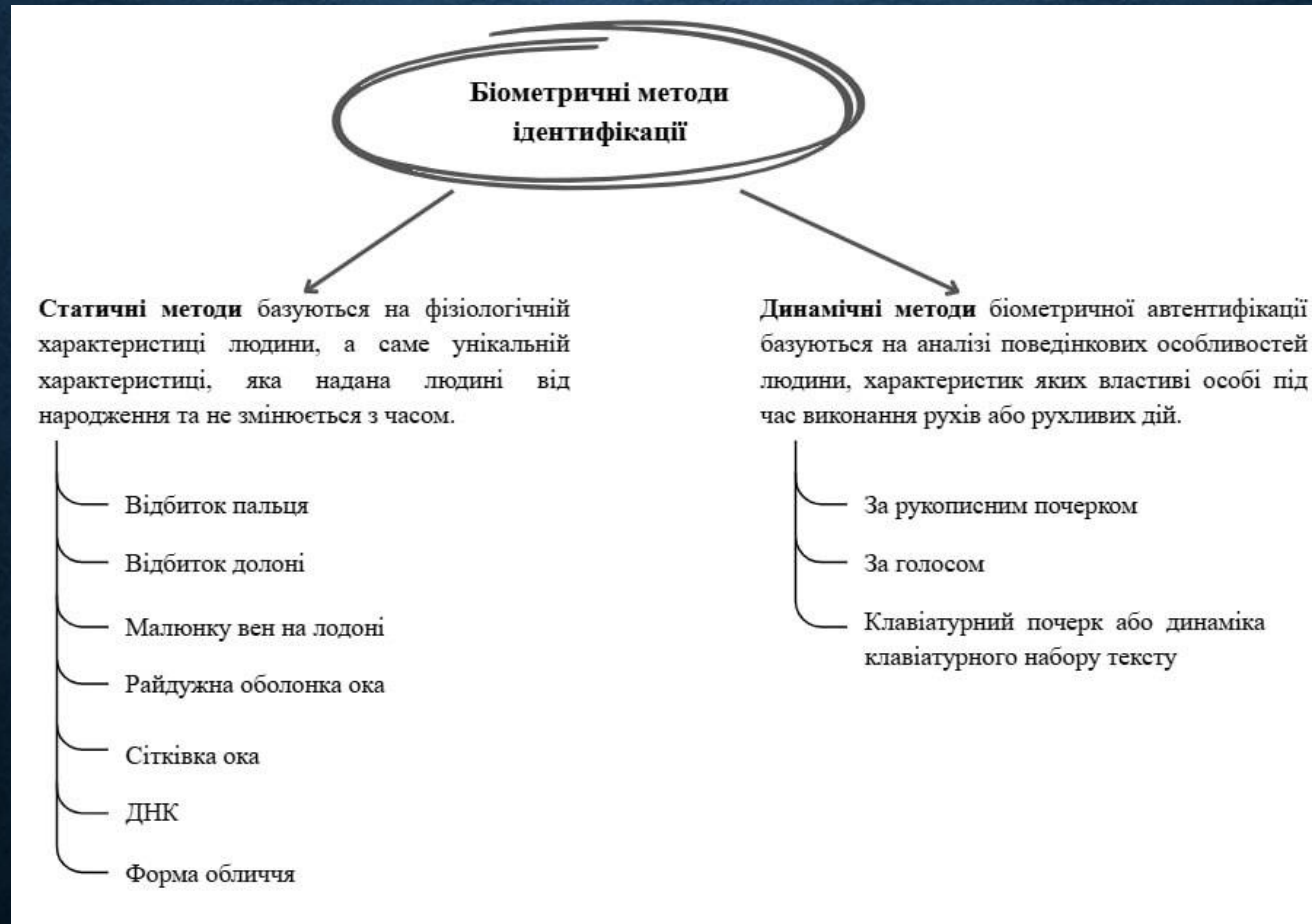
Зростання кількості інформаційних та фізичних загроз вимагає впровадження більш надійних засобів контролю доступу. Традиційні методи ідентифікації, такі як ключі, картки чи паролі, залишаються вразливими до підробки, втрати або несанкціонованого використання. Біометричні технології, зокрема розпізнавання за відбитком пальця, забезпечують високий рівень точності, унікальність та неможливість передачі ідентифікатора іншій особі. Це робить їх актуальним та перспективним рішенням для підвищення безпеки в різних сферах.

НАУКОВА НОВИЗНА РОБОТИ

Наукова новизна полягає в багатокритерійній оцінці та виборі компонентів біометричної СКД за допомогою методу аналізу ієрархій та комплексному підході до апаратно-програмної реалізації бюджетної системи контролю доступу, з підтвердженням її ефективності експериментальними показниками точності та надійності.

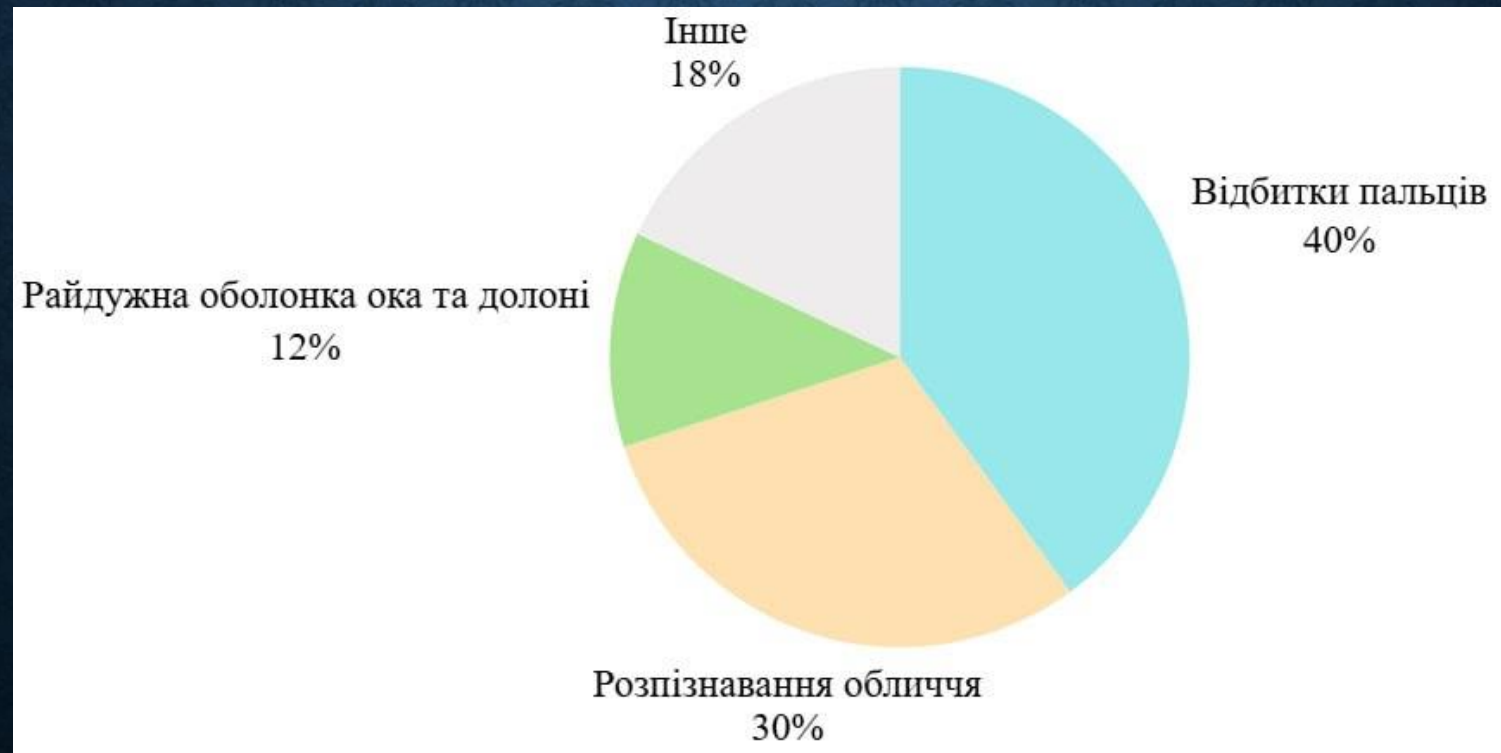
АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

Система контролю і управління доступом (СКУД або СКД) – це сукупність програмних та апаратних засобів безпеки, що регулюють вхід/вихід людей та забезпечує регулювання прав доступу до ресурсів, приміщень або інформаційних систем.

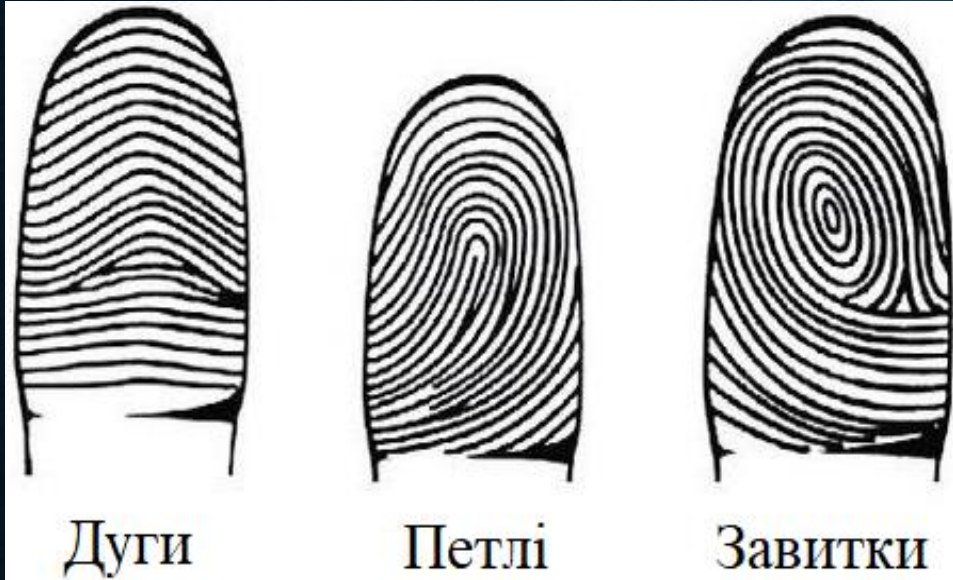


АНАЛІТИКА ВИКОРИСТАННЯ БІОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ НА РИНКУ УКРАЇНИ

- Згідно зі звітом про стан контролю доступу кількість підприємств, що використовують біометричні дані, продовжує зростати. Якщо два роки тому біометрія використовувалася лише на 30% підприємств, то сьогодні цей показник сягає 39%.
- Світові ж дослідження вказують відсоткові співвідношення застосування різних біометричних методів, де домінує переважно метод відбитків пальців.



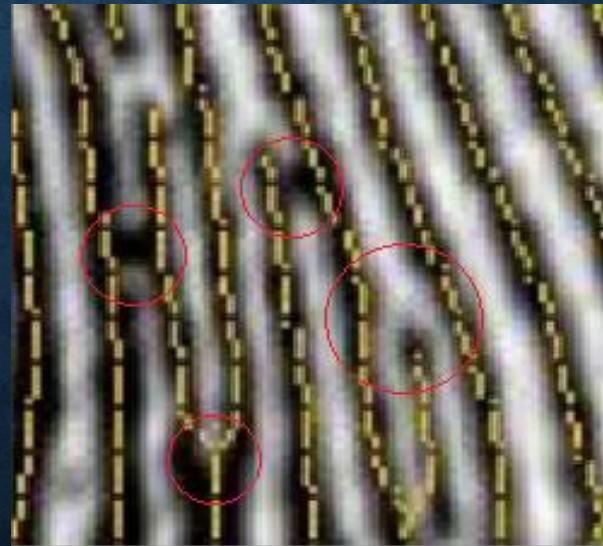
ВИДИ ПАПІЛЯРНИХ УЗОРІВ ТА ЇХ ОЗНАКИ



Класифікація папілярних узорів



Глобальні ознаки відбитків



Локальні ознаки відбитків

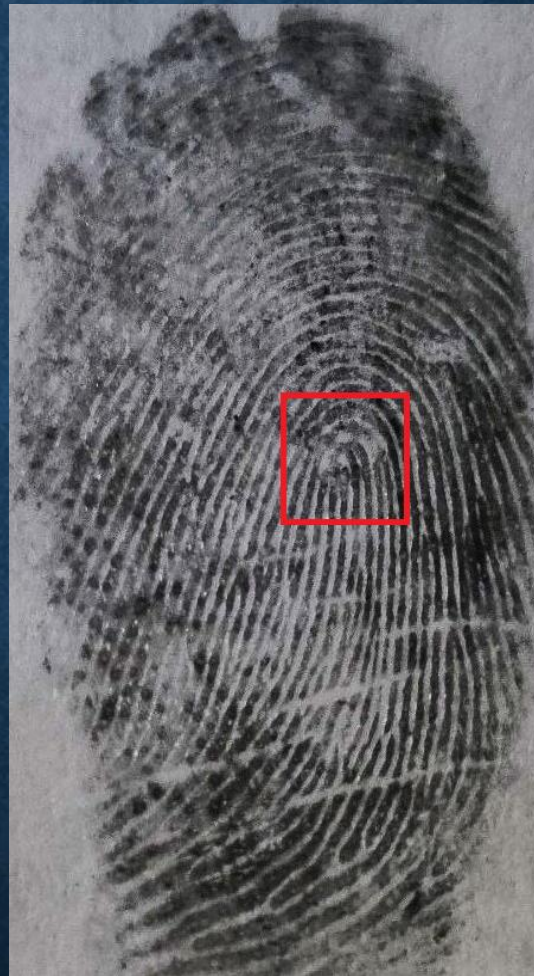
АНАЛІЗ ВЛАСНОГО ВІДБИТКУ ПАЛЬЦЯ



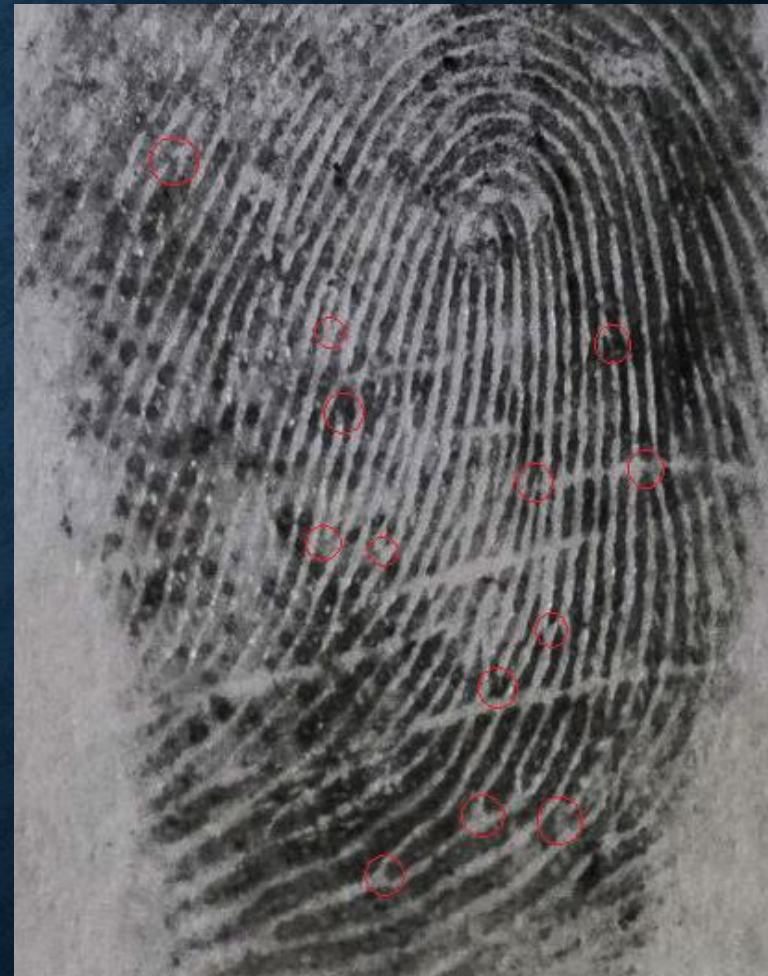
Власний відбиток



Звичайна петля



Змішана ознака



Локальні ознаки відбитка

Глобальні ознаки відбитка

МЕТОДИ ЗНЯТТЯ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦІВ

Оптичний метод — це спосіб зчитування відбитка пальця через освітлення пальця та фіксацію відбитого світла світлочутливою матрицею.

Ультразвуковий метод — це технологія, яка створює 3D-зображення відбитка за допомогою ультразвукових хвиль, що відбиваються від виступів і заглиблень шкіри.



Ємнісний метод — це спосіб зчитування, який визначає відбиток через зміни електричного поля на поверхні сканера при торканні пальцем.

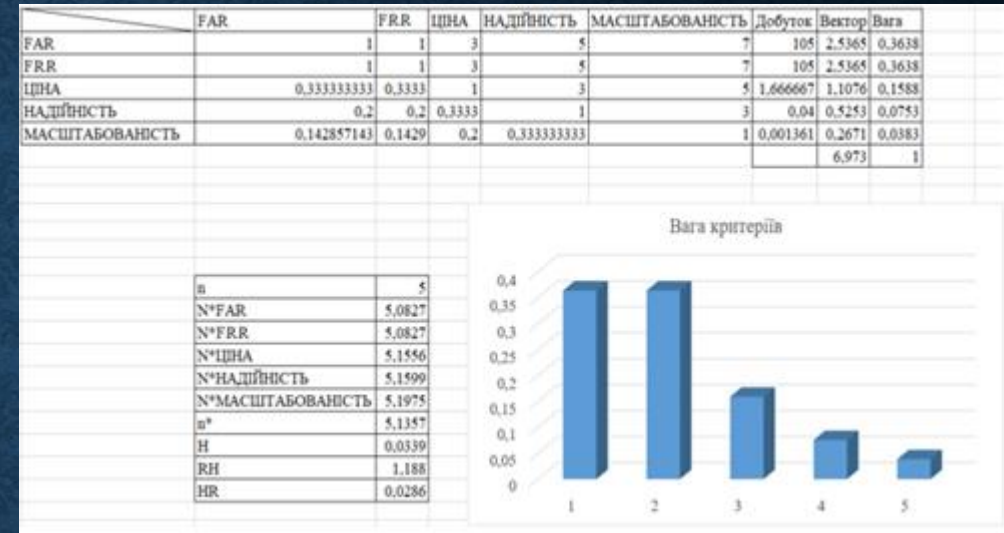
ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ЗНЯТТЯ ВІДБИТКІВ

Критерії	Ємнісний	Оптичний	Ультразвуковий
Якість зображення	Середня	Висока	Дуже висока
Вартість	Низька-середня	Середня-висока	Висока
Швидкість сканування	Висока	Висока	Середня-низька
Стійкість сканування до забруднень та вологи	Низька	Середня	Висока
Вразливість до підробок	Висока	Середня	Низька
Чутливість до надлишкової енергії	Висока	Низька	Низька
Довговічність	Низька	Висока	Висока
Переваги	Дешеві; прості у використанні	Є балансом між якістю, надійністю та ціною	Підвищена стійкість, гарний варіант для об'єктів з високими вимогами захисту
Недоліки	Чутливі до надлишкової енергії; легко обманюються; не довговічні	Піддаються спуфінгу; часто відбитки залишаються на поверхні сканера	Дорогі; повільні сканування; важкі в інтегруванні в прототипи
Сфери застосування	Бюджетні СКД; смартфони бюджетного сегменту	Офісні та приватні СКД	Об'єкти з високими вимогами безпеки: банківські установи, преміальні СКД

МАІ ПОРІВНЯННЯ ОПТИЧНИХ СКАНЕРІВ ВІДБИТКІВ ПАЛЬЦЯ

Параметри	Моделі оптичних сканерів		
	R307	AS608	FPM10A
Тип сенсора	Оптичний	Оптичний	Оптичний
Інтерфейс	UART (TTL), USB	UART (TTL), USB	UART (TTL)
Об'єм відбитків	~1000 відбитків	~300 відбитків	~300 відбитків
Роздільна здатність	500dpi	500dpi	500dpi
Швидкість розпізнавання	<1 секунда	<1 секунда	~1 секунда
Швидкість реєстрації	1-2 секунди	1-2 секунди	2-3 секунди
FAR (False Acceptance Rate)	~0,001%	~0,001%	~0,001%
FRR (False Rejection Rate)	~1%	~1-2%	~2%
Рівень надійності	Високий	Середній	Середній
Вартість	Середня	Низька	Низька-середня
Ресурс сенсора	>1 млн дотиків	~500 тис. дотиків	~500 тис. дотиків
Метод збереження даних	Внутрішня пам'ять	Внутрішня пам'ять	Внутрішня пам'ять

Порівняння оптичних сканерів



Матриця парних порівнянь критеріїв



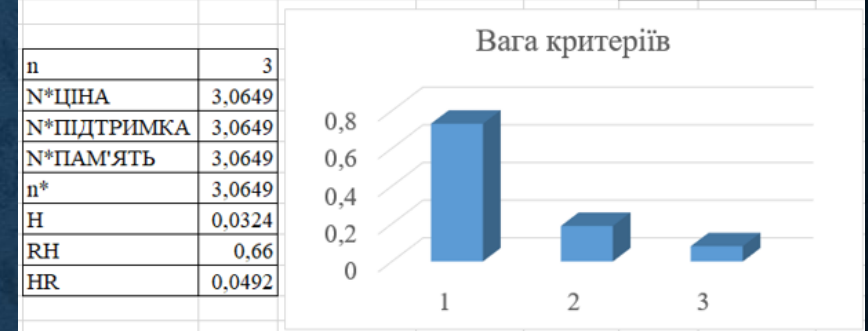
Оцінка кандидатів

МАІ ПОРІВНЯННЯ ПЛАТ КЕРУВАННЯ

Параметри	Моделі плат керування		
	Arduino UNO	ESP32	STM32
Мікроконтролер	ATmega328P	Xtensa LX6	ARM Cortex-M3
Тактова частота	16 МГц	240 МГц	72 МГц
РАМ-пам'ять	2 КБ	520 КБ	20 КБ
Flash-пам'ять	32 КБ	4 МБ	від 64 КБ
Робоча напруга	5 В	5 В	3,3 В
Кількість портів	14 цифрових, 6 аналогових	~ 34, залежить від моделі	~ 37, залежить від моделі
Інтерфейси	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI, CAN, Wi-Fi, Bluetooth	UART, I2C, SPI, CAN, USB
Вартість	Середня	Висока-середня	Середня

Порівняння плат керування

ЦІНА - ПІДТРИМКА ТА НАЛАШТУВАННЯ - ПАМ'ЯТЬ						
	ЦІНА	ПІДТРИМКА	ПАМ'ЯТЬ	Добуток	Вектор	Вага
ЦІНА	1	5	7	35	3,2711	0,7306447
ПІДТРИМКА	0,2	1	3	0,6	0,8434	0,1883941
ПАМ'ЯТЬ	0,1429	0,333333333	1	0,04762	0,3625	0,0809612
					4,477	1



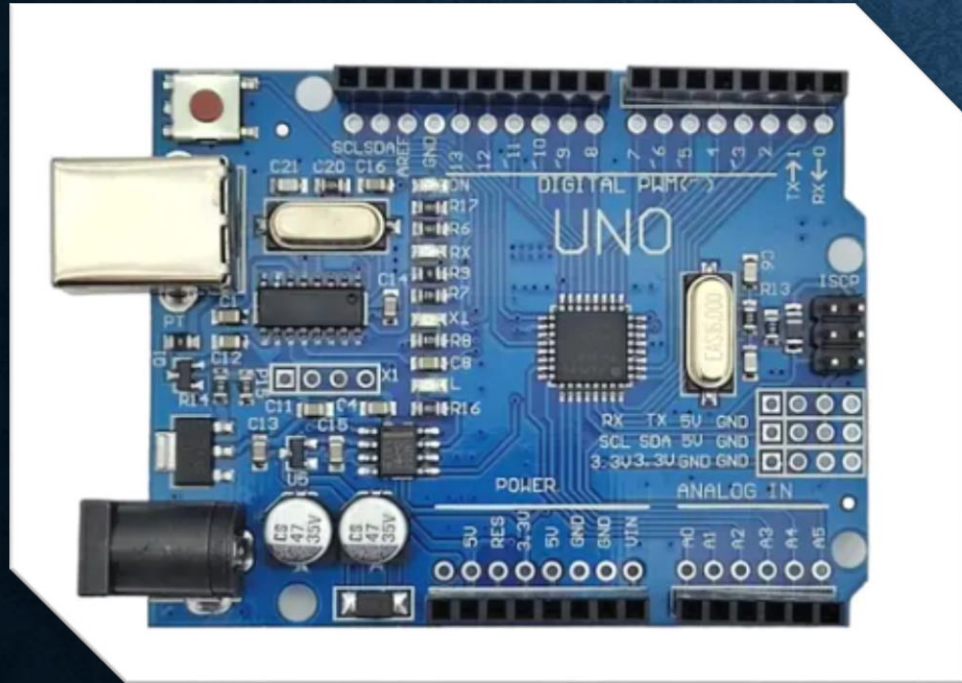
Матриця парних порівнянь критеріїв

Узагальнююча оцінка кандидатів				
	ЦІНА	ПІДТРИМКА	ПАМ'ЯТЬ	V _i
UNO	0,4286	0,636985572	0,104729	0,44162
ESP32	0,1429	0,104729434	0,636986	0,17568
STM32	0,4286	0,258284994	0,258285	0,3827
Вага критеріїв	0,7306	0,188394097	0,080961	1



Оцінка кандидатів

КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ



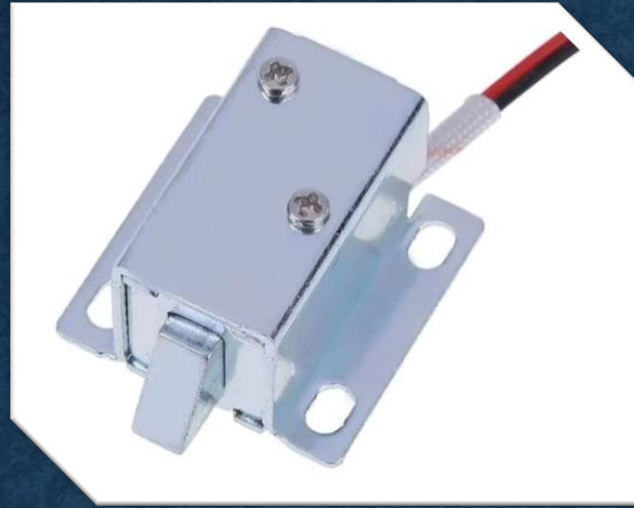
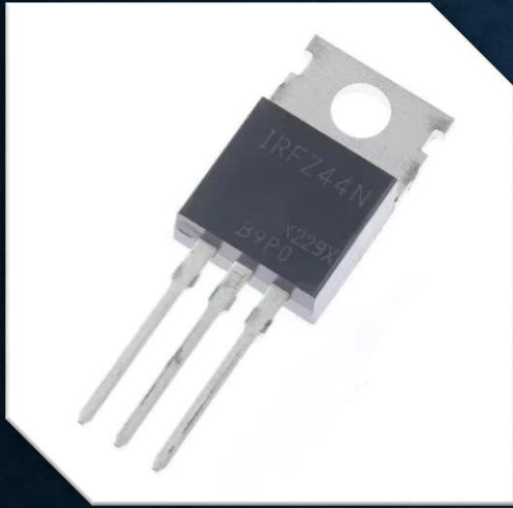
- **Arduino Uno** – центральний елемент системи, що забезпечує обробку даних та керування її роботою. Характеризується простотою використання, надійністю та достатньою продуктивністю для реалізації алгоритмів біометричної ідентифікації.

КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ



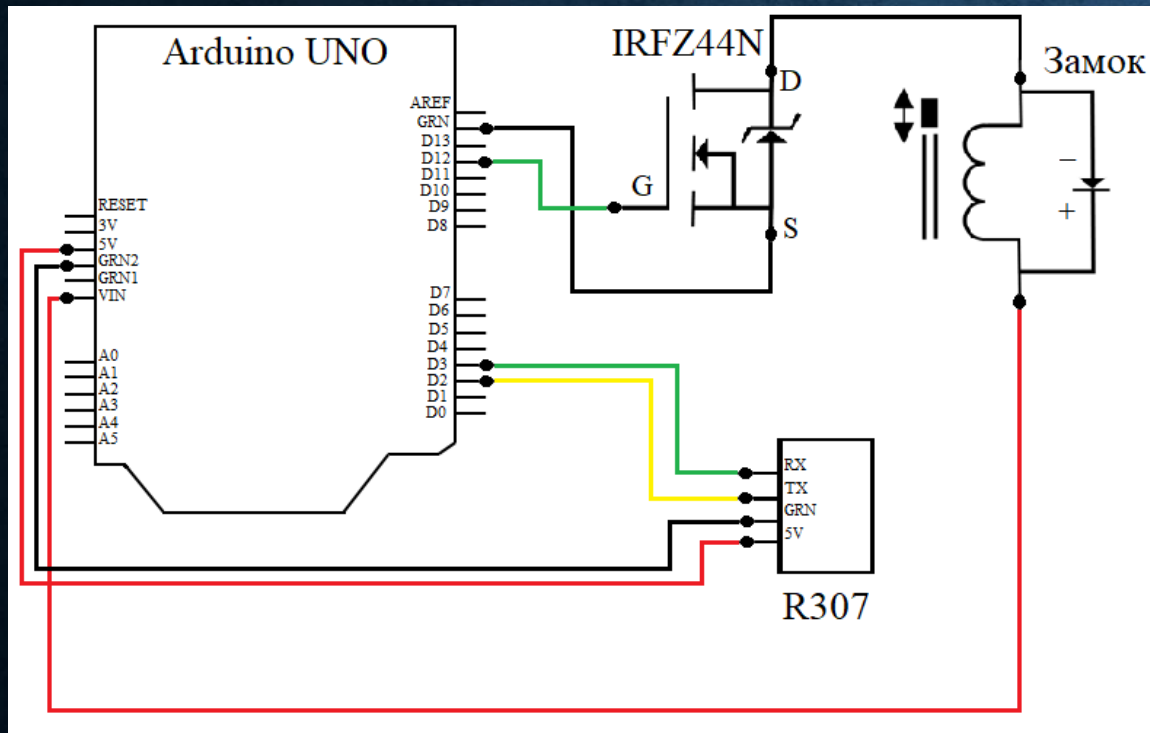
- **Сканер відбитків пальців R307** – апаратний модуль для зчитування та первинної обробки біометричних даних, який використовується для ідентифікації користувачів у системі контролю доступу.

КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ



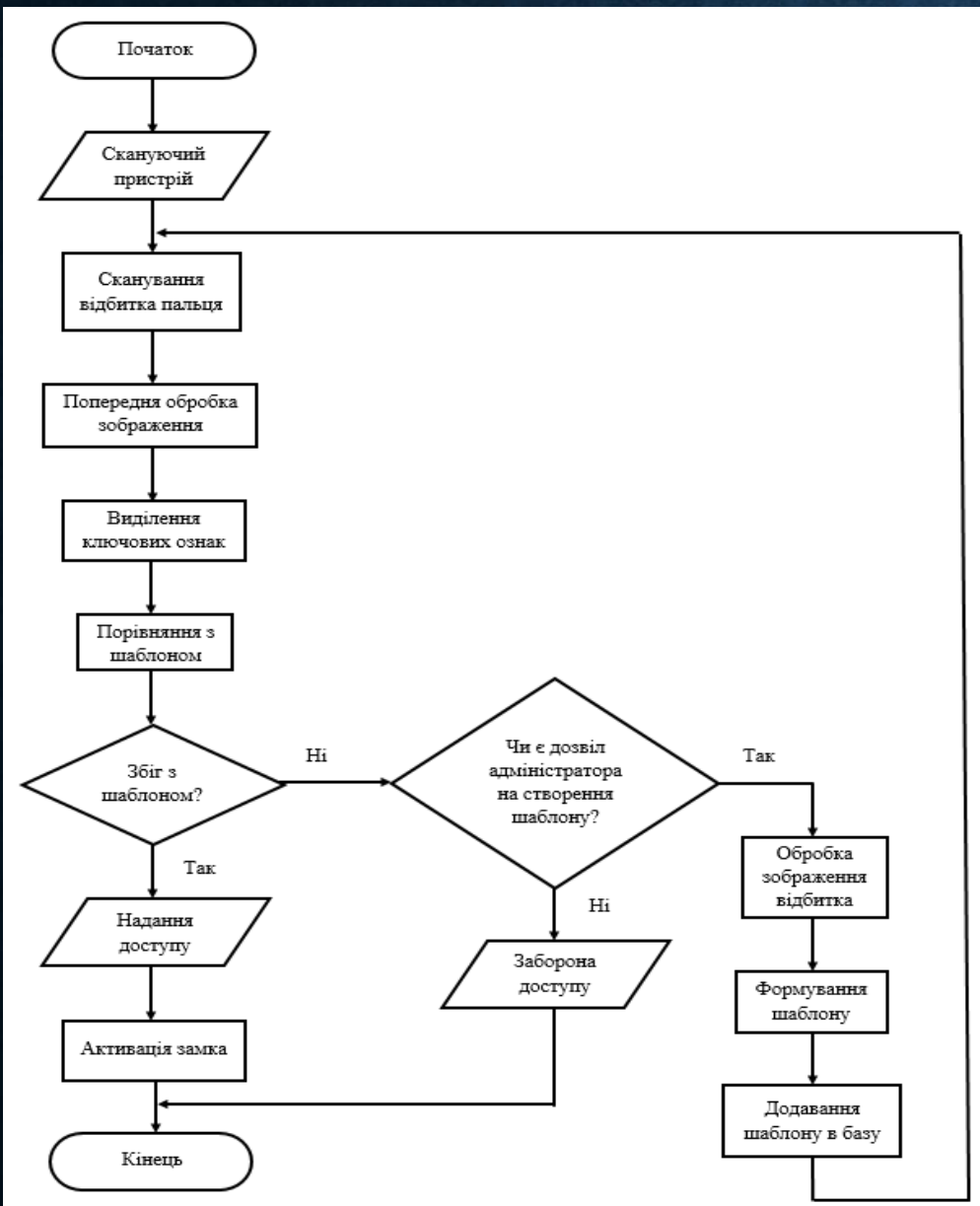
- **Транзистор IRFZ44N** – силовий транзистор, що використовується для керування електронним замком системи контролю доступу.
- **Електромеханічний замок** – виконавчий елемент системи, що забезпечує фізичне блокування або розблокування доступу відповідно до результату біометричної ідентифікації.
- **Блок живлення** – елемент системи, що забезпечує стабільне електроживлення всіх апаратних компонентів та надійну роботу системи в цілому.

ПРИНЦИПОВА ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА



- Принципова електрична схема відображає взаємодію та з'єднання всіх компонентів системи;
- Мікроконтролер забезпечує обробку сигналів та керування роботою системи;
- Сканер відбитків пальців підключений до мікроконтролера та передає біометричні дані;
- Керування електромеханічним замком здійснюється через силовий елемент.

АЛГОРИТМ РОБОТИ



Робота системи починається з подачі на неї живлення.

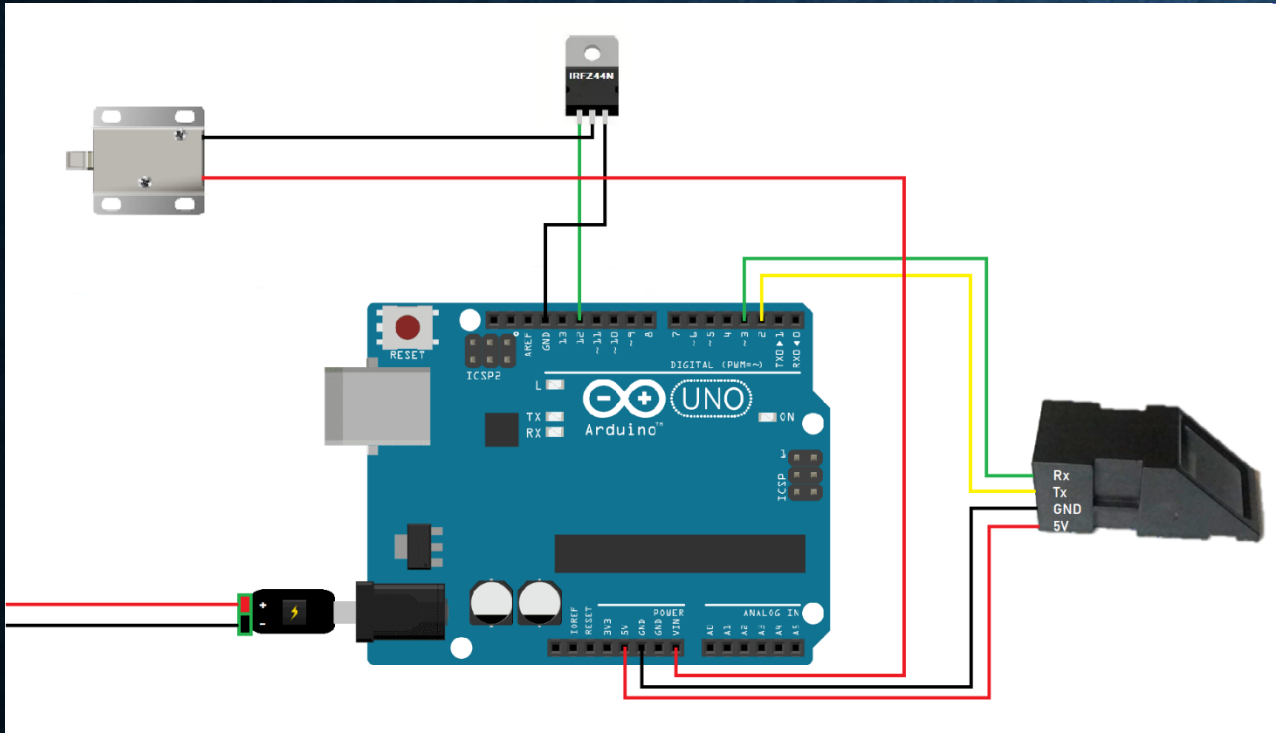
Скануючий пристрій очікує відбиток пальця. Коли користувач прикладе палець до сканера відбувається **сканування відбитка**. Отримане зображення відбитка проходить **попередню обробку, виділення ключових ознак та порівняння з збереженим шаблоном** в пам'яті.

На основі результатів порівняння з шаблоном відбувається перевірка – **збіг з шаблоном**, в якій є два результати:

- **Результат «Так»** – якщо відбиток співпадає з шаблоном система приймає рішення про надання доступу.
- **Результат «Ні»** – якщо відбиток не співпадає з збереженим шаблоном, тоді система чекає дозвіл адміністратора на створення шаблону, якщо адміністратор надає відповідь «Ні» – система забороняє доступ. Якщо відповідь адміністратора «Так» – тоді відбувається **обробка зображення відбитка, формування шаблону, та додавання отриманого шаблону до пам'яті пристрою**.

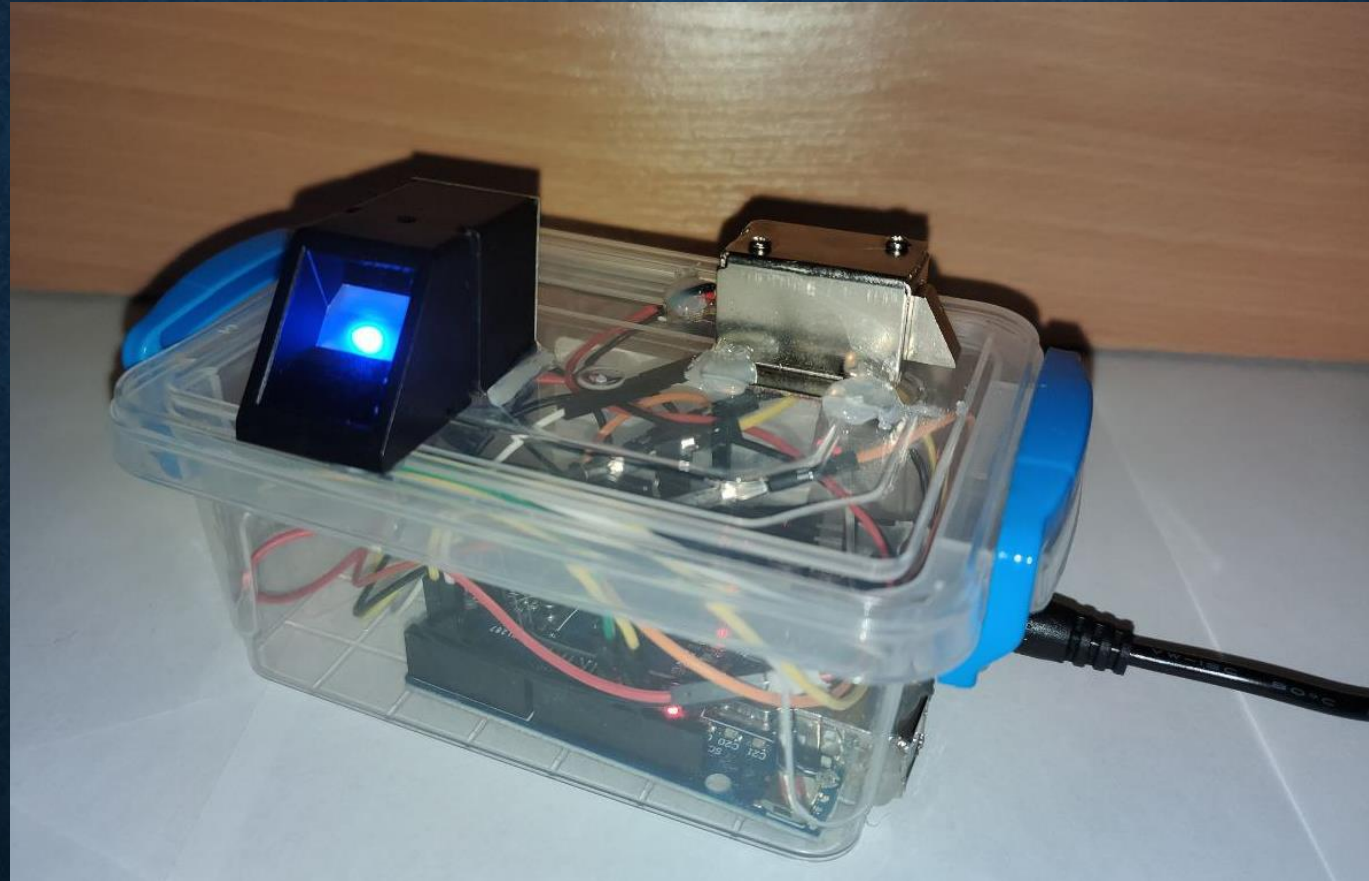
Після завершення циклу перевірки система повертається у стан очікування наступного користувача.

ЗБІРКА ПРОТОТИПУ СИСТЕМИ



- Збірка прототипу проводилась згідно монтажній схемі.
- Монтажна електрична схема відображає фізичне підключення всіх компонентів системи.

ЗІБРАНИЙ ПРОТОТИП СИСТЕМИ



ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

- Програмне забезпечення для пристрою розроблене мовою C/C++ в середовищі Arduino IDE
- Реалізує алгоритм біометричної ідентифікації користувачів
- Забезпечує обробку даних зі сканера відбитків пальців
- Виконує порівняння збережених біометричних шаблонів
- Керує роботою виконавчого механізму відповідно до результату ідентифікації



ТЕСТУВАННЯ ПРОТОТИПУ

Критерії	Кількість успішних ідентифікацій		
	1 користувач	2 користувач	3 користувач
10 разів піднести палець	10	10	10
10 разів піднести палець при повороті	10	10	10
10 разів піднести палець з різною силою натиску	10	10	10
Середній час ідентифікації	до 1 секунди	до 1 секунди	до 1 секунди

Рівень правильного прийняття (TAR)

Критерії	Кількість успішних ідентифікацій		
	1 користувач	2 користувач	3 користувач
10 разів коли шкіра волога	10	9	10
10 разів з дуже швидким прикладанням пальця	9	8	8

Рівень помилкових відмов (FRR)

Критерії	Кількість успішних ідентифікацій	
	Незареєстрований користувач 1	Незареєстрований користувач 2
10 спроб доступу з різних положень пальця	0	0

Рівень помилкових прийняття (FAR)

Показник	Результат	Статус
TAR	100%/ 100% /100%	Коректний
FRR	0,05/ 0,15/ 0,10	Коректний
FAR	0/0	Коректний

Результати тестування

ВИСНОВКИ

В роботі проведено дослідження та апаратно-програмну реалізацію технології біометричного контролю доступу на основі відбитків пальців.

- Проаналізовано системи контролю доступу;
- Розглянуто методи біометричної ідентифікації людини;
- Охарактеризовано види відбитків пальців, методи їх зняття, глобальні та локальні ознаки відбитків, проведено аналіз власного відбитку пальця;
- Здійснено вибір ключових елементів системи за допомогою МАІ;
- Розроблено структуру та алгоритм роботи системи;
- Реалізовано апаратно-програмний прототип системи;
- Проведено тестування, яку підтвердило працездатність та надійність системи.

Отримані результати підтверджують можливість створення бюджетної, ефективної та масштабованої біометричної СКД на основі відбитків пальців. Отриманий прототип може слугувати основою для вдосконалення та розширення.

ПУБЛІКАЦІЇ

В рамках наукових конференцій мною було представлено наступні наукові роботи:

- Теза «Аналіз сучасного шкідливого програмного забезпечення та методи боротьби з ним» – «БУД-МАЙСТЕР-КЛАС-2024»;
- Теза «Проблеми надійності та безпеки системи контролю доступу на основі біометрії» – «БУД-МАЙСТЕР-КЛАС-2025».



BUILD MASTER CLASS
International Conference

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!