

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

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

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Аналіз методів ідентифікації та моделювання динамічних змін  
силуетів користувачів

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

(підпис)

Крилов В.К.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Никитюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Дуда О.М.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Боднарчук І.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

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

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

Кафедра комп'ютерних наук  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

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

Студенту Крилову Вадиму Кириловичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз методів ідентифікації та моделювання динамічних змін  
силуетів користувачів

Керівник роботи Никитюк Вячеслав Вячеславович, к.т.н., доцент, доцент кафедри КН  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» листопада 2023 року № 4/7-1099

2. Термін подання студентом завершеної роботи 26 грудня 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації щодо систем біометричної ідентифікації

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

Вступ. 1. Досліджень та аналіз біометричної ідентифікації даних користувача.

2 Дослідження та аналіз біометричної ідентифікації даних користувача. 3 Аналіз методу  
розпізнавання ходи даних користувача. 4 Охорона праці та безпека в  
надзвичайних ситуаціях. Висновки.

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

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

4. Завдання дослідження. 5 Стан досліджень в області біометричної ідентифікації та  
аутентифікації. 6 Обґрунтування вибору математичної моделі. Дані користувачів

7. Порівняння відомих математичних моделей та методів опрацювання.

8. Аналіз методу розпізнавання ходи для ідентифікації користувачів. 9. Алгоритми роботи  
методу. 10. Результати проведених досліджень. 11. Висновки. 12. Завершальний слайд.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.П., доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Клепчик В.М., ст. викладач.		

7. Дата видачі завдання 18 вересня 2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	09.10.2023-13.20.2023	Виконано
2.	Підбір наукових джерел про методи біометричної ідентифікації користувачів	23.10.2023-27.11.2023	Виконано
3.	Переклад та опрацювання наукових джерел про методи біометричної ідентифікації користувачів та методи ідентифікації	30.10.2021-03.11.2023	Виконано
4.	Аналіз способів математичного опису, вибір їхньої математичної моделі та аналіз методу опрацювання для біометричної ідентифікації користувачів	06.11.2023-10.11.2023	Виконано
5.	Оформлення розділу «Досліджень та аналіз біометричної ідентифікації даних користувача»	13.11.2023-17.11.2023	Виконано
6.	Оформлення розділу «Динамічні зміни та методи обробки ідентифікації даних користувача»	20.11.2023-24.11.2023	Виконано
7.	Оформлення розділу «Аналіз методу розпізнавання ходи даних користувача»	27.11.2023-01.12.2023	Виконано
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	04.12.2023-08.12.2023	Виконано
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в надзвичайних ситуаціях»	04.12.2023-08.12.2023	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	11.12.2023-15.12.2023	Виконано
11.	Нормоконтроль	11.12.2023-15.12.2023	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	16.12.2023	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	18.12.2023	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи	26.12.2023	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Крилов В.К.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Никитюк В.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Аналіз методів ідентифікації та моделювання динамічних змін силуетів користувачів // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Крилов Вадим Кирилович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2023 // С. 107, рис. – 27, табл. – 13, кресл. – 0, додат. – 2, бібліогр. – 81.

Ключові слова: біометрія, ідентифікація, математична модель.

Дипломна робота присвячена вибору математичної моделі динамічних змін ідентифікації користувачів та аналізу методик опрацювання для задачі біометричної ідентифікації.

В першому розділі дипломної роботи проаналізовано стан задачі біометричної ідентифікації.

В другому розділі дипломної роботи проведено аналіз відомих математичних моделей та вибрано модель для динамічної зміни силуета користувачів для задачі біометричної ідентифікації.

В третьому розділі дипломної роботи проаналізовані методи опрацювання та отримання нових інформативних ознак для біометричної ідентифікації.

**Об'єкт дослідження:** процес моделювання динамічних змін силуета для біометричної ідентифікації.

**Предмет дослідження:** математична модель та опрацювання даних для біометричної ідентифікації.

**Мета роботи:** вибір математичної моделі та обґрунтування методик опрацювання біометричної ідентифікації користувачів.

## ANNOTATION

Analysis of methods of identification and modeling of dynamic changes in silhouettes of users // Master's degree qualification work // Vadym Kyrylovych Krylov // Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Sciences, group SNm-61 // Ternopil, 2023 // C. 107, fig. - 27, tab. - 13, chair. - 0, add. – 2, bibliography - 81.

**Keywords:** biometrics, identification, mathematical model.

The thesis is devoted to the selection of a mathematical model of dynamic changes in user identification and the analysis of methods of processing for the problem of biometric identification.

In the first chapter of the thesis, the state of the problem of biometric identification is analyzed.

In the second section of the thesis, an analysis of known mathematical models was carried out and a model was selected for the dynamic change of the silhouette of users for the task of biometric identification.

In the third section of the thesis, the methods of processing and obtaining new informative features for biometric identification are analyzed.

**The object of research:** the process of modeling dynamic silhouette changes for biometric identification.

**Research subject:** mathematical model and data processing for biometric identification.

**The purpose of the work:** the selection of a mathematical model and justification of the methods of processing the biometric identification of users.

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ОЧ – основна частота

ПФ – перетворення Фур'є

ВП – випадковий процес

ОТ – основний тон

ІТ – інформаційні технології

ІоТ – Інтернет речей

МФА – багатофакторна ідентифікація

ШІ – штучний інтелект

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ОС – операційна система

ПЗ – програмне забезпечення

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ДОСЛІДЖЕНЬ ТА АНАЛІЗ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДАНИХ КОРИСТУВАЧА .....	12
1.1 Біометричні дані та ідентифікація користувача .....	12
1.2 Біометричні системи ідентифікації розпізнавання анатомії користувача .....	15
1.3 Біометрична ідентифікація ходи .....	25
1.4 Показники продуктивності ідентифікації даних .....	26
1.5 Висновки до розділу 1.....	32
2 ДИНАМІЧНІ ЗМІНИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДАНИХ КОРИСТУВАЧА .....	34
2.1 Динамічна зміни тіла та розпізнавання ходи .....	34
2.2 Аналіз основних методів обробки даних ідентифікації користувачів .....	37
2.3 Розпізнавання ходи за зовнішнім виглядом .....	41
2.4 Динамічні та статистичні функції .....	43
2.5 Процес вилучення динаміки тіла .....	47
2.6 Експериментальний аналіз даних .....	53
2.7 Висновки до розділу 2 .....	68
3 АНАЛІЗ МЕТОДУ РОЗПІЗНАВАННЯ ХОДИ ДАНИХ КОРИСТУВАЧА .....	69
3.1 Обробка силуету користувача .....	69
3.2 Обробка даних .....	71
3.3 Експериментальна оцінка силуета користувача .....	75
3.4 Висновки до розділу 3 .....	83
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	85
4.1 Організація праці в комп'ютерних класах .....	85

4.2 Організація і функціонування системи управління охороною праці	89
ВИСНОВКИ.....	95
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97
ДОДАТКИ	



## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Швидке зростання цифрових відеоданих і прогрес у технології проклали шлях для різноманітних застосувань, зокрема використання біометричних даних для ідентифікації особистості. Біометрія передбачає розпізнавання людей на основі їхніх фізіологічних або поведінкових характеристик, таких як відбитки пальців, ДНК, обличчя, сканування сітківки ока, райдужна оболонка ока, голос, геометрія ніг, рук і хода. Щоб характеристика вважалася придатною для біометричної ідентифікації, вона повинна відповідати вимогам універсальності, відмінності, постійності та можливості збирання.

Вимога універсальності передбачає, що всі особи володіють характеристикою, яка використовується для ідентифікації. Характеристика також має бути достатньо чіткою, щоб ефективно розрізняти різних осіб. Крім того, він повинен залишатися незмінним з часом, задовольняючи вимогу постійності. Нарешті, характеристика має бути кількісно вимірюваною, що дозволяє збирати її для біометричного аналізу.

У практичних біометричних системах є кілька інших міркувань. Вимоги до продуктивності включають точність, швидкість, надійність і споживання ресурсів. Система має бути прийнятною для населення та стійкою до шахрайських методів і атак. Безпека біометричних даних має вирішальне значення через проблеми конфіденційності та велику кількість інформації, пов'язаної з такими даними.

Хоча використання біометричних даних для ідентифікації особи має довгу історію в кримінології, сучасні технології зробили революцію в отриманні, зберіганні та обробці біометричних даних. За допомогою цифрових технологій біометричні дані можуть автоматично зберігатися та оброблятися без або з мінімальним втручанням людини. Посилення уваги до безпеки ще більше підштовхнуло біометричні дослідження, що призвело до розгортання

систем розпізнавання обличчя, райдужної оболонки ока та відбитків пальців у повсякденному житті. Ці системи використовуються як механізми контролю доступу до офісів, будівель і навіть ноутбуків.

Загалом поєднання експоненційного зростання цифрових відеоданих і прогресу в біометричних технологіях сприяло інтеграції біометрії в різні сфери, покращуючи ідентифікацію особи та посилюючи заходи безпеки.

**Мета і задачі дослідження.** Мета роботи – вибір математичної моделі та аналіз методик опрацювання для біометричної ідентифікації користувачів. Задачі дослідження:

- Провести аналіз стану проблеми біометричної ідентифікації користувачів;
- Обґрунтувати вибір математичної моделі для біометричної ідентифікації користувачів;
- Обґрунтувати аналіз опрацювання динамічних змін та отримання нових інформативних ознак ідентифікації користувачів.

*Об'єкт дослідження:* процес моделювання динамічних змін силуета для біометричної ідентифікації.

*Предмет дослідження:* математична модель та опрацювання даних для біометричної ідентифікації.

**Наукова новизна одержаних результатів** кваліфікаційної роботи полягає у тому, що для задач ідентифікації використано оцінку підстановки силуетів користувачів, які взяті з інформаційної бази даних для верифікації ідентифікованого підтвердження користувача за прогнозованою динамічною зміною ходи.

**Практичне значення одержаних результатів.** Отримані результати можуть бути інтегровані в інтелектуальні системи контролю доступу підвищеної надійності через процедуру ідентифікації користувачів.

**Апробація результатів магістерської роботи.** Результати роботи були представлені на XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих

учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року та XII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року

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

**Структура й обсяг кваліфікаційної роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 80 найменування та 2 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 107 сторінок, з них 84 сторінок основного тексту, який містить 27 рисунків.

# 1. ДОСЛІДЖЕНЬ ТА АНАЛІЗ БІОМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДАНИХ КОРИСТУВАЧА

## 1.1 Біометричні дані та ідентифікація користувача

Традиційні методи ідентифікації користувачів, такі як паролі, ідентифікатори користувачів, картки з магнітною смугою та PIN-коди, мають багато недоліків. Одним із головних недоліків є те, що вони лише перевіряють дійсність облікових даних, які використовуються (наприклад, пароль або картка), а не фактичного користувача. Цими обліковими даними можна легко поділитися з неавторизованими особами, що загрожує безпеці системи[1,2].

Паролі, PIN-коди та магнітні картки можуть навмисно чи ненавмисно передаватись справжніми користувачами, що дозволяє несанкціонований доступ до системи. Крім того, паролі та PIN-коди можуть бути чутливими до викрадення або втрати. Якщо зловмисник отримує доступ до чийогось пароля або PIN-коду, він може видати себе за законного користувача. Так само втрачені або викрадені магнітні картки можуть бути використані неавторизованими особами для доступу[1,2].

Надійність паролів і PIN-кодів значною мірою залежить від самих користувачів, оскільки їм зазвичай дозволяється вибирати власні облікові дані під час процесу реєстрації. На жаль, багато користувачів схильні вибирати паролі, які легко вгадати, як-от загальні слова, дати народження або імена членів родини чи домашніх тварин. Така поведінка полегшує зловмисникам вгадувати або зламувати паролі, підриваючи безпеку системи.

Щоб усунути ці недоліки, біометричні методи ідентифікації набули популярності. Біометрія забезпечує більш надійний і безпечний засіб ідентифікації користувача, використовуючи унікальні фізіологічні чи поведінкові характеристики. Оскільки біометричні характеристики за своєю суттю пов'язані з окремими особами, їх не можна легко поділитися чи вкрати,

як паролі чи магнітні картки. Біометричні системи перевіряють особу користувача на основі його унікальних біометричних характеристик, таких як відбитки пальців, малюнки райдужної оболонки ока або характеристики обличчя[2,3,4,5].

Використовуючи біометричні дані, системи можуть посилити безпеку, покращити автентифікацію користувачів і зменшити ризики, пов'язані з традиційними методами ідентифікації. Однак важливо врахувати питання конфіденційності та вжити належних заходів безпеки для захисту самих біометричних даних, оскільки вони представляють конфіденційну та особисту інформацію.

Наслідки порушення безпеки можуть бути катастрофічними, оскільки це потенційно може надати несанкціонований доступ до широкого спектру ресурсів, включаючи банківські рахунки, особисті податкові записи, медичні записи та дані національної безпеки. Хоча методи шифрування можуть підвищити безпеку паролів і PIN-кодів під час зберігання та передачі, певні хакерські атаки, наприклад трояни та віруси, можуть скомпрометувати ці облікові дані, реєструючи натискання клавіш і передаючи конфіденційну інформацію зловмисникам. Це робить схеми шифрування неефективними в таких сценаріях[4,6].

Незважаючи на вразливість звичайних систем контролю доступу, використання паролів, PIN-кодів та ідентифікаційних карток все ще має деякі переваги. Наприклад, якщо пароль або PIN-код буде зламано, їх можна легко змінити для підтримки безпеки. Так само, якщо ID-картку втрачено або викрадено, її можна анулювати та оформити нову. Ці системи, як правило, потребують мало ресурсів, є економічно ефективними та легшими в обслуговуванні порівняно з біометричними системами.

Однак недоліки традиційних методів контролю доступу призвели до розробки більш безпечних систем, включаючи біометричні технології. В епоху Інтернету, соціальних медіа та електронних послуг порушення безпеки може

призвести до розкриття значної кількості особистої та фінансової інформації. Біометрія пропонує кілька переваг перед традиційними методами. Оскільки біометрична ідентифікація базується на унікальних фізіологічних або поведінкових рисах, вона за своєю суттю прив'язана до людей і її не можна легко перемістити, обміняти чи вкрати, як паролі чи PIN-коди. Користувачам не потрібно запам'ятовувати паролі або мати при собі картки безпеки, що спрощує процес автентифікації. Крім того, біометрія більш стійка до атак грубої сили, на відміну від паролів, які піддаються атакам за словником або іншим автоматизованим методам вгадування[7].

Використовуючи біометричні дані, системи можуть підвищити безпеку, забезпечити надійніші механізми автентифікації та зменшити ризики, пов'язані з традиційними методами контролю доступу. Проте вкрай важливо вирішити питання конфіденційності та вжити відповідних заходів для захисту біометричних даних і забезпечити їх безпечне зберігання та передачу.

Біометрія знаходить основне застосування в системах контролю доступу, як згадувалося раніше. Він широко використовується в різних контекстах, таких як контроль доступу до будівель, контроль доступу до електронних ресурсів, таких як ПК, ноутбуки, банкомати та персональні замки безпеки. Серед біометричних модальностей розпізнавання обличчя, райдужної оболонки та відбитків пальців є найпопулярнішим і надійнішим вибором для цих програм[8,9,10].

Цифрові камери оснащені функціями виявлення та розпізнавання обличчя, покращують якість зображення та дозволяють автоматично додавати теги до цифрових фотографій і відео.

Аналіз ходи та розпізнавання за цифровими відеоданими мають численні застосування наприклад, відеоматеріали зі станцій метро, аеропортів чи інших громадських місць можна обробляти в режимі реального часу для виявлення незвичайних подій. Незвичайні ситуації, як-от людина, що біжить на переповненій станції метро, можна виявити шляхом вилучення

дескрипторів руху/активності людських об'єктів. Це може служити раннім попередженням для правоохоронних органів або запускати тривогу для сповіщення персоналу служби безпеки[8,9,10].

Дослідження показали, що люди мають унікальні ознаки ходи, які відрізняють їх не тільки від тварин, але й серед людської раси. Людська хода демонструє сильну періодичність на відміну від руху тварин. Цю характеристику ходи можна використовувати для виділення та класифікації об'єктів із цифрових відеозаписів, уможливаючи програми індексування та пошуку. Дескриптори на основі ходи можуть узагальнювати та сегментувати відеодані, сприяючи інтелектуальному перегляду відео.

Аналіз людської ходи також може бути використаний для перевірки особистості в системах контролю доступу або в кримінології. Іншим перспективним застосуванням є медична діагностика захворювань, що впливають на довільну м'язову діяльність, наприклад ходьбу. Наприклад, хвороба Паркінсона впливає на нейрони в мозку, відповідальні за рух м'язів, що призводить до таких симптомів, як тремтіння, ригідність м'язів, труднощі при ходьбі та проблеми з рівновагою та координацією. Раннє виявлення порушень ходьби за допомогою аналізу руху може бути дуже корисним для лікування таких захворювань[8,10].

Загалом біометрія, зокрема у формі розпізнавання обличчя, райдужної оболонки та відбитків пальців, знайшла практичне та різноманітне застосування в системах контролю доступу та інших галузях, таких як відеоспостереження, аналіз відео та медична діагностика.

## **1.2 Біометричні системи ідентифікації розпізнавання анатомії користувача**

Біометрична система функціонує як система розпізнавання образів, яка ідентифікує користувачів шляхом порівняння їхніх унікальних анатомічних

або поведінкових характеристик із збереженими шаблонами. Щоб використовувати біометричну систему, люди повинні спочатку зареєструватися, отримавши свою біометричну інформацію та збережену як контрольний шаблон. Цей шаблон надійно зберігається в центральній базі даних або на смарт-картці, призначеній користувачеві[11,12].

Коли потрібна ідентифікація, біометрична система порівнює представлені біометричні дані зі збереженими шаблонами, щоб знайти відповідність. Залежно від конкретного контексту біометрична система може працювати або в режимі перевірки (автентифікації), або в режимі ідентифікації[11].

У режимі перевірки система перевіряє чи відповідають представлені біометричні дані зареєстрованому шаблону конкретної особи. Цей режим зазвичай використовується в сценаріях коли користувач претендує на особу та має підтвердити це. Наприклад: коли людина використовує свій відбиток пальця, щоб розблокувати свій смартфон система перевіряє чи відповідає представлений відбиток пальця зареєстрованому шаблону авторизованого користувача.

У режимі ідентифікації система шукає всю базу даних зареєстрованих шаблонів, щоб ідентифікувати особу, пов'язану з представленими біометричними даними. Цей режим корисний, коли особа невідома, і системі потрібно визначити її особу за доступними шаблонами. Наприклад, у великомасштабній системі контролю доступу, такій як служба безпеки аеропорту, система може порівнювати представлене обличчя з усіма зареєстрованими шаблонами обличчя, щоб ідентифікувати особу[13,14].

І режим перевірки, і режим ідентифікації служать різним цілям і використовуються в різних програмах залежно від конкретних вимог безпеки та операційних потреб.

У режимі перевірки біометричної системи, також відомому як «Чи я є тим за кого себе виявляю?» у режимі система виконує однозначне (1:1)



зіставлення між збереженим шаблоном і шаблоном зонда, щоб підтвердити або спростувати заявлену особу.

Ось як працює процес підтвердження[11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20]:

Заявлена особа: користувач надає системі свої біометричні дані (наприклад: відбиток пальця, сканування райдужної оболонки ока, зображення обличчя) і заявляє про певну особу.

Шаблон зонду: біометрична система фіксує представлені біометричні дані та перетворює їх у шаблон зонда, який представляє поточні біометричні характеристики користувача.

Збережений шаблон: система отримує збережений шаблон, пов'язаний із заявленою особою, із бази даних або смарт-картки.

Порівняння: біометрична система порівнює шаблон зонда зі збереженим шаблоном за допомогою алгоритму відповідності. Цей алгоритм аналізує схожість і відмінності між двома шаблонами, оцінюючи ступінь подібності.

Результат: на основі результатів порівняння система визначає, чи відповідає шаблон зонда збереженому шаблону в межах певного порогу. Якщо збіг пройшов успішно і ступінь схожості перевищує попередньо встановлений поріг, система підтверджує заявлену особу. Однак, якщо збіг не вдається і ступінь схожості падає нижче порогу, система відхиляє заявлену особу.

Режим перевірки зазвичай використовується в сценаріях, коли особам потрібно автентифікувати себе, підтвердивши свою заявлену особу. Це фундаментальний процес у біометричних системах, який забезпечує точність і надійність перевірки особи.

У режимі ідентифікації біометричної системи, також відомої як "Хто я?" у режимі система виконує збіг «один-до-багатьох» (1:N) між шаблоном зонда та всіма шаблонами, що зберігаються в базі даних. Мета полягає в тому, щоб визначити особу, особи шляхом пошуку відповідності серед зареєстрованих шаблонів.

Ось як відбувається процес ідентифікації[11, 12, 15, 16, 17, 18, 19, 20]:

Шаблон зонда: користувач надає системі свої біометричні дані (наприклад, відбиток пальця, сканування райдужної оболонки ока, зображення обличчя), а система фіксує та перетворює їх на шаблон зонда.

Пошук у базі даних: біометрична система порівнює шаблон зонда з усіма шаблонами, що зберігаються в базі даних. Це передбачає виконання збігу 1:N, де шаблон зонду порівнюється з кожним шаблоном окремо.

Порівняння та ранжування: система використовує алгоритм відповідності для порівняння шаблону зонда з кожним шаблоном у базі даних. Він обчислює показник подібності або відстань між шаблоном зонда та кожним збереженим шаблоном. Потім система ранжує збережені шаблони на основі балів подібності від найвищого до найнижчого.

Порогове значення та рішення: система встановлює порогове значення для прийняття або відхилення. Якщо найвищий показник подібності (або показник подібності відповідності) перевищує порогове значення, система визначає, що відповідність знайдено. Ідентичність, пов'язана з відповідним шаблоном, повертається як результат процесу ідентифікації. Якщо жоден збіг не перевищує порогове значення, система робить висновок, що ідентифікатор відсутній у базі даних.

Режим ідентифікації зазвичай використовується в сценаріях, де мета полягає в тому, щоб визначити особу особи з великої бази даних або сукупності. Це більш складний і трудомісткий процес порівняно з перевіркою, оскільки він вимагає порівняння шаблону зонда з кількома шаблонами в базі даних.

Ідентифікація, як правило, вважається більш складною проблемою в біометричних системах порівняно з перевіркою, оскільки вона передбачає зіставлення один-до-багатьох (1:N), коли системі потрібно порівняти шаблон зонда з кількома шаблонами, що зберігаються в базі даних.

Типова біометрична система складається з п'яти основних модулів:

Модуль датчика: Цей модуль відповідає за отримання біометричних даних від користувача. Це може бути сканер відбитків пальців, сканер райдужної оболонки ока, камера для розпізнавання обличчя або будь-який інший датчик, призначений для отримання певної біометричної ознаки.

Модуль попередньої обробки: отримані біометричні дані часто проходять попередню обробку, щоб покращити їхню якість і усунути будь-які шуми чи невідповідності. Цей модуль виконує такі завдання, як покращення зображення, нормалізація, виділення ознак або фільтрація сигналу, залежно від природи біометричних ознак.

Модуль вилучення функцій: у цьому модулі відповідні функції витягуються з попередньо оброблених біометричних даних. Зазвичай ці ознаки є відмінними та представляють унікальні характеристики біометричних ознак особи. Наприклад, під час розпізнавання відбитків пальців візерунки хребтів і дрібні точки виділяються як ознаки.

Модуль створення та зберігання шаблонів: витягнуті функції використовуються для створення компактного та унікального представлення біометричної ознаки, відомого як шаблон. Шаблон служить орієнтиром для майбутнього зіставлення. Цей модуль надійно зберігає шаблони в базі даних або на смарт-картці, пов'язаній з користувачем[11, 12, 17, 18, 19, 20].

Модуль зіставлення та прийняття рішень: цей модуль виконує процес зіставлення, щоб визначити подібність між шаблоном зонда та збереженими шаблонами. У режимі перевірки (1:1) проводиться однозначне порівняння між шаблоном зонда та одним збереженим шаблоном для автентифікації користувача. У режимі ідентифікації (1:N) шаблон зонду порівнюється з усіма шаблонами в базі даних, щоб знайти відповідність.

Ці фундаментальні модулі утворюють базову структуру біометричної системи. Додаткові модулі або компоненти, такі як шифрування для захисту шаблонів, керування базою даних та інтерфейс користувача, також можуть бути включені залежно від конкретної реалізації та вимог системи.

Попередня обробка: коли модуль датчика збирає біометричні дані, вони проходять попередню обробку для підготовки до подальшого аналізу. Модуль попередньої обробки зазвичай включає кілька кроків, таких як видалення шуму, покращення зображення, нормалізація та виділення функцій. Ці кроки допомагають покращити якість даних і зробити їх придатними для подальшої обробки та аналізу[19, 20].

Вилучення функцій: у модулі вилучення функцій релевантні та відмінні ознаки витягуються з попередньо оброблених біометричних даних. Ці функції фіксують унікальні характеристики біометричних ознак і утворюють компактне представлення, яке можна використовувати для зіставлення та ідентифікації. Конкретні методи, які використовуються для виділення ознак, залежать від типу біометричних даних, які аналізуються. Під час розпізнавання відбитків пальців візерунки хребтів і дрібні точки зазвичай виділяються як елементи.

Створення та зберігання шаблону: після вилучення об'єктів з витягнутих об'єктів створюється шаблон. Шаблон слугує компактним представленням біометричних ознак і надійно зберігається в базі даних або на смарт-картці, пов'язаній з користувачем. Шаблон містить важливу інформацію, яка дозволяє порівнювати та зіставляти під час процесу розпізнавання[17, 18, 19, 20].

Зіставлення та прийняття рішень. Модуль зіставлення та прийняття рішень виконує порівняння між шаблоном зонда (отриманим від користувача) і збереженими шаблонами в базі даних. У режимі перевірки (відповідність 1:1) система порівнює шаблон зонда з одним збереженим шаблоном, щоб визначити, чи заявлена особа є дійсною. У режимі ідентифікації (відповідність 1:N) система порівнює шаблон зонда з усіма шаблонами в базі даних, щоб знайти потенційну відповідність. Процес зіставлення зазвичай передбачає вимірювання подібності або відмінності між шаблонами за допомогою відповідних алгоритмів або методів.

Ці п'ять основних модулів працюють разом, щоб забезпечити функціонування біометричної системи, від збору даних до зіставлення та прийняття рішень. Додаткові модулі, такі як шифрування шаблонів, керування базами даних та інтерфейс користувача, також можуть бути включені залежно від конкретних вимог системи[21].

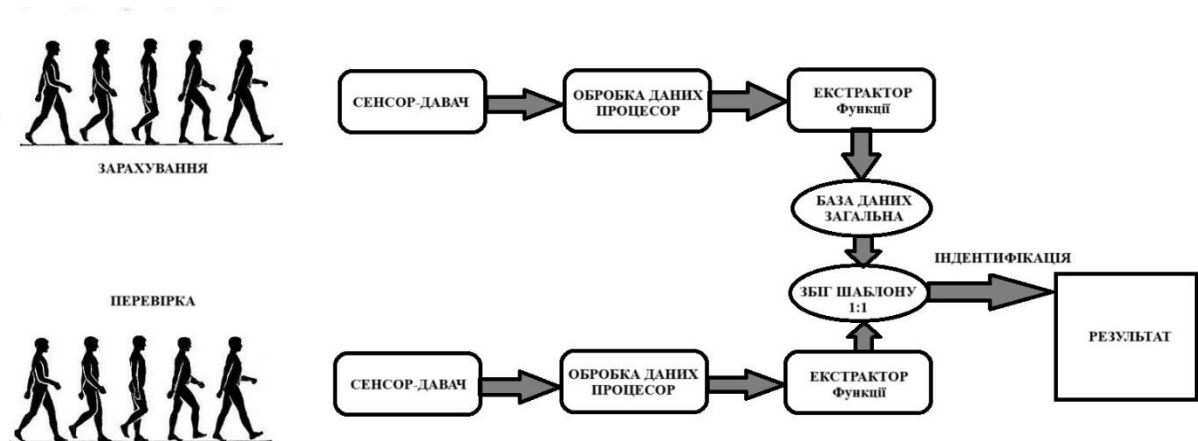


Рис. 1.1 – Схема Біометричної системи[21]

Модуль попередньої обробки в біометричній системі відіграє вирішальну роль у підготовці зібраних біометричних даних для подальшого аналізу. Це включає в себе різні завдання, щоб переконатися, що дані мають відповідний формат і достатню якість для вилучення функцій. У разі систем розпізнавання ходи, наприклад, де використовуються послідовності силуетів, модуль попередньої обробки витягує силуети з необроблених відео послідовностей, знятих камерами ходи[21].

Важливим аспектом модуля попередньої обробки є видалення шуму. На біометричні дані, зокрема силуети, можуть впливати різні фактори, як-от тіні, оклюзії, коливання освітлення та умови навколишнього середовища. Щоб підвищити якість силуетів, можна застосувати різні методи фільтрації для видалення шуму та підвищення їх надійності.

Морфологічні операції, такі як протоншення та заповнення отворів у силуетах, також можна виконувати під час попередньої обробки. Ці операції

допомагають уточнити дані силуету та гарантують, що вони мають форму, придатну для виділення ознак.

Крім того, модуль попередньої обробки може включати етап перевірки якості. На цьому етапі оцінюється якість силуетів і визначається, чи відповідають вони необхідним критеріям для надійного виділення ознак. Силуети з низькою якістю або ненадійними характеристиками можуть бути виключені з подальшої обробки, щоб забезпечити точність системи біометричного розпізнавання[18, 19].

Виконуючи ці завдання попередньої обробки, модуль гарантує, що біометричні дані належним чином підготовлені для наступних етапів виділення ознак і створення шаблону, що призводить до більш точної та надійної біометричної ідентифікації або перевірки див рис 1.1.

Безумовно, модуль вилучення ознак є ключовим компонентом системи біометричного розпізнавання. Його основна роль полягає в перетворенні необроблених біометричних даних у більш компактне та дискримінаційне представлення, яке можна використовувати для створення біометричного шаблону або підпису для цілей ідентифікації чи перевірки.

Однією з головних причин виділення ознак є розмір і обчислювальна складність необроблених біометричних даних. Необроблені відео послідовності ходи можуть бути великими, а їх безпосереднє зберігання та обробка вимагатиме значних обчислювальних ресурсів і часу. У програмах реального часу, таких як системи контролю доступу, потрібні негайні відповіді, що робить непрактичним зберігати та порівнювати цілі відео послідовності. Таким чином, виділення ознак є необхідним для зменшення розмірності даних і отримання відповідної інформації.

Крім того, виділення ознак може виявити приховані характеристики в біометричних даних, які можуть бути неочевидними в необробленому форматі. Перетворюючи дані в іншу область, витягаючи траєкторії кутів з'єднань або відстані між сегментами під час розпізнавання ходи, ці приховані

характеристики можна виявити, що призведе до підвищення точності розпізнавання.

Ще один важливий аспект вилучення ознак — усунення зайвої та нерелевантної інформації, присутньої в необроблених даних. Біометричні дані часто містять зайві деталі, які не сприяють значному процесу розпізнавання. Витягуючи дискримінаційні ознаки, модуль виділення ознак прагне зберегти лише найбільш відповідну інформацію, відкидаючи решту. Це допомагає підвищити ефективність і швидкість біометричної системи.

Модуль вилучення функцій працює як в режимі офлайн, так і в режимі онлайн. Під час процесу реєстрації він працює в автономному режимі, витягуючи дискримінаційні ознаки із отриманих біометричних даних, щоб створити шаблон для особи. На етапі розпізнавання він працює в онлайн-режимі, вилучаючи ознаки з біометричних даних, які надаються для ідентифікації або верифікації[17, 20].

Загалом, модуль виділення функцій відіграє вирішальну роль у системах біометричного розпізнавання, витягуючи надійні, компактні та ефективні представлення біометричних даних, які необхідні для досягнення точної та ефективної роботи системи.

Pattern Matcher: Модуль зіставлення шаблонів відповідає за порівняння витягнутих ознак із біометричних даних із збереженими біометричними шаблонами під час фази розпізнавання. Після того, як модулі попередньої обробки та вилучення функцій отримують відповідні характеристики із захоплених біометричних даних, система збігу шаблонів порівнює ці функції зі збереженими шаблонами.

У разі розпізнавання ходи, коли користувач йде перед камерою ходи, отримані відеодані обробляються для вилучення таких характеристик, як траєкторії кутів з'єднань, відстані сегментів тощо. Потім ці функції порівнюються зі збереженими шаблонами які були створені в процесі

реєстрації. Зіставник шаблонів обчислює оцінку відповідності, яка вказує на подібність між витягнутими функціями та збереженими шаблонами.

Залежно від налаштувань точності системи приймається рішення прийняти або відхилити заявлену особу в сценарії перевірки. Якщо оцінка відповідності перевищує певний поріг або відповідає певним критеріям, система приймає заявлену особу. У разі налаштування ідентифікації система ідентифікує особу на основі встановленої особистості з найвищим показником відповідності.

У деяких програмах у процесі прийняття рішень може знадобитися участь людини. Система може відобразити найкращі збіги на основі результатів збігів, а експерт-людина може прийняти остаточне рішення щодо прийняття чи відхилення заявленої особи.

Однак важливо зауважити, що в певних сценаріях, наприклад у кримінальних розслідуваннях, особа може бути відсутня в базі даних, у результаті чого збіги не будуть знайдені. У таких випадках система може бути не в змозі ідентифікувати особу на основі наявних даних.

Процес зіставлення шаблонів подібний для інших біометричних даних, таких як розпізнавання відбитків пальців, обличчя та райдужної оболонки ока. Основна відмінність полягає в отриманні біометричних даних і конкретних алгоритмах, які використовуються для зіставлення ознак.

Загалом, модуль зіставлення шаблонів відіграє вирішальну роль у порівнянні витягнутих функцій із збереженими шаблонами та прийнятті рішень на основі результатів збігів для визначення особи в системі біометричного розпізнавання.

База даних функцій: модуль бази даних функцій відповідає за зберігання біометричних шаблонів усіх користувачів, зареєстрованих у системі. Ці шаблони служать еталоном для порівняння на етапі розпізнавання. Шаблони можна зберігати або в центральній базі даних, або на смарт-картках, які мають користувачі.



Зазвичай біометричні дані однієї особи змінюються з часом і за різних умов. Тому доцільно зберігати кілька шаблонів однієї особи в базі даних або на смарт-картці. Маючи кілька шаблонів, система може враховувати варіації біометричних даних і підвищувати точність розпізнавання.

Безпека біометричної бази даних є критичною проблемою. Для захисту конфіденційності та цілісності збережених шаблонів використовуються технології шифрування. Методи шифрування гарантують, що біометричні шаблони надійно зберігаються та доступ до них мають лише авторизовані особи. Для захисту біометричних даних від несанкціонованого доступу або підробки використовуються різні алгоритми та протоколи шифрування[22].

Загалом, модуль бази даних функцій відіграє життєво важливу роль у надійному зберіганні біометричних шаблонів, адаптації до варіацій біометричних даних і забезпеченні конфіденційності та цілісності збережених шаблонів.

### **1.3 Біометрична ідентифікація ходи**

Біометрія ходи пропонує певні переваги порівняно з іншими біометричними методами. Одна з ключових переваг полягає в тому, що ходу можна сприйняти й набути на відстані, не вимагаючи особистого контакту чи співпраці з індивідуумом. Це робить його зручним для цілей спостереження та моніторингу [23, 24].

Хоча біометрія райдужної оболонки ока та обличчя також має подібні переваги, для точного розпізнавання зазвичай потрібні зображення з високою роздільною здатністю та фронтальний вид обличчя або райдужної оболонки ока. Навпаки, шаблони ходи можна витягти із зображень із низькою роздільною здатністю, що робить це більш доцільним у ситуаціях, коли доступні лише відеозаписи низької якості.

Хо́да, будучи біометричним показником поведінки, може змінюватися протягом тривалого часу через такі фактори, як зміни ваги тіла, травми та захворювання. Проте дослідження показали, що хо́да все ще має достатню дискримінаційну силу для особистого розпізнавання. Складність хо́ди, на яку впливають такі фактори, як структура скелета, м'язова активність, маса тіла, довжина кінцівок і структура кісток, ускладнює імітацію або приховування[23].

Важливо зазначити, що ефективність біометрії хо́ди для перевірки та розпізнавання наразі відстає від інших біометричних даних, таких як ДНК, райдужка та розпізнавання обличчя. Це частково тому, що хо́да демонструє більші варіації, оскільки це поведінкова характеристика. У результаті біометрія хо́ди більше підходить для додатків із низьким рівнем безпеки.

З точки зору соціального сприйняття збір даних про хо́ду, як правило, більш прийнятний порівняно з деякими іншими біометричними методами. Широке використання камер відеоспостереження в громадських і приватних приміщеннях свідчить про прийнятність хо́ди як засобу розпізнавання особистості. У ситуаціях, коли відеозаписи мають низьку роздільну здатність, що ускладнює розпізнавання обличчя, аналіз хо́ди може надати цінну інформацію для різних програм, зокрема для розслідування місця злочину та аналізу відвідувань клієнтів[26, 27].

Загалом біометрія хо́ди пропонує унікальні переваги, такі як безконтактне отримання даних, сприйняття відстані та прийнятні соціальні норми, що робить їх цінними в певних сценаріях, коли інші біометричні методи можуть зіткнутися з обмеженнями.

#### **1.4 Показники продуктивності ідентифікації даних**

Природа біометричних даних і умови, за яких вони збираються, сприяють варіаціям даних. Немає двох абсолютно однакових зразків

біометричних даних від однієї особи. Різні фактори можуть спричинити ці зміни, зокрема фізіологічні та поведінкові зміни, старіння, шум у процесі отримання та умови навколишнього середовища[28, 29].

Старіння певною мірою впливає на більшість біометричних даних. Вигляд обличчя, візерунки сітківки ока, хода, відбитки пальців та інші біометричні дані можуть змінюватися з віком. Крім того, сам процес збору даних створює шум, а умови навколишнього середовища можуть впливати на зібрані дані. Так як дані про ходу можуть відрізнятися залежно від поверхні ходьби, причому на твердих поверхнях і на м'яких поверхнях спостерігаються різні моделі. Шум, наприклад оклюзія ніг, також може виникати під час ходьби по траві, а тіні та коливання умов освітлення можуть впливати на біометричні дані зображення. Крім того, травми можуть вплинути на біометричні дані та, у деяких випадках, зробити певні біометричні дані непридатними для використання.

Через властиві варіації біометричних даних процес зіставлення шаблону не може знайти точну відповідність між зібраними функціями та збереженим шаблоном. Замість цього використовується міра подібності, щоб визначити, наскільки зібрані об'єкти узгоджуються зі збереженим шаблоном. Визначається порогове значення, і рішення про те, прийняти чи відхилити відповідність, базується на тому, чи знаходиться значення подібності в межах цього порогу чи за його межами. Конкретне значення порогу коригується в залежності від застосування та призначення біометричної системи.

Встановлення порогу передбачає ретельний розгляд поведінки системи для досягнення балансу між продуктивністю, частотою помилок і зручністю використання. Якщо поріг допускає лише невеликі варіації, існує ризик відхилення справжніх користувачів, біометричні характеристики яких можуть незначно змінюватися. З іншого боку, якщо порогове значення допускає більші варіації між шаблоном і витягнутими функціями під час розпізнавання, існує більша ймовірність перевірки незареєстрованих користувачів, що

потенційно може поставити під загрозу безпеку. Таким чином, пошук оптимального порогу вимагає ретельного дослідження поведінки та характеристик системи[29].

Ідентичність особи представлена її біометричним зразком, отриманим і збереженим під час процесу реєстрації. Цей зразок найчастіше є компактним шаблоном функції, витягнутим модулем вилучення функцій із отриманих біометричних даних.

Скажімо, у нас є  $N$  - користувачів системи, які всі були зареєстровані. Базу даних шаблонів зазвичай називають набором галереї в спільноті розпізнавання ходи. Кожен шаблон у наборі галереї,  $g_k$ ;  $k = 1; 2; \dots; N$ , представляє особу  $I_k$ . Під час етапу автентифікації вектор пробних ознак  $p$  витягується з біометричних даних особи  $I_p$ , яка претендує на ідентифікацію  $I_v$ . Рішення прийняти чи відхилити претензію базується на мірі подібності ( $S$ ) між вектором ознак зонда ( $p$ ) і вектором ознак шаблону ( $g_v$ ) заявленої ідентифікації  $I_v$  у базі даних галереї. Процес формально може бути поставлений як задача перевірки гіпотези наступним чином [2, 3].

$$\begin{aligned} H_0 & : S(p, g_v) \geq T, \text{ заявлену особу прийнято} \\ H_1 & : S(p, g_v) < T, \text{ заявлену особу відхилено} \end{aligned} \quad (1.1)$$

де –  $T$  поріг.

Біометрична система перевірки працює в режимі двійкового рішення, тобто заявлена особа приймається або відхиляється. Тому він може створювати два типи помилок:

Перший тип помилки виникає, коли система відхиляє претензію на справжню особу. В умові рівняння 1.1,  $H_1$  приймається, якщо  $H_0$  є істинним. Ця помилка також називається Помилка False Reject (FR).

Другий тип помилки виникає, коли система приймає помилкову заяву про ідентифікацію. В умові рівняння 1.1,  $H_0$  приймається, якщо  $H_1$  є істинним. Ця помилка також називається Помилка false Асцепт (FA).

Помилки типу I та типу II вимірюються коефіцієнтом помилкових відхилень (FRR) і помилковим прийомом. Ставка (FAR) відповідно. Ці дві частоти помилок характеризують будь-яку систему розпізнавання тісно пов'язані з пороговим значенням,  $T$ . FRR і FAR визначені нижче[30, 31].

FRR – це ймовірність прийняття рішення  $H_1$ , коли  $H_0$  є істинним. Він розраховується таким чином:

$$FRR = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N FRR(n) \quad (1.2)$$

$$FRR(n) = \frac{\text{Неправдиві відхилені операції для особи } n}{\text{Всього операцій особи } n} \quad (1.3)$$

де  $FRR(n)$  представляє значення FRR для особи  $n$ , а FRR є середнім для всіх користувачів у базі даних. FRR залежить не тільки від біометричної системи, а й від користувача та як користувач взаємодіє з системою. Це статистичний показник і його точність залежить від кількості вимірювань. Тепер для того, щоб уникнути розрахунку якщо особа упереджена, спочатку розраховується особистий FRR для кожної особи. Потім середнє значення отримано згідно з рівнянням 1.3.

FAR – це ймовірність прийняття рішення  $H_0$ , коли  $H_1$  є істинним. Він розраховується таким чином:

$$FAR = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N FAR(n) \quad (1.4)$$

$$FAR(n) = \frac{\text{Успішний замах самозванців на особу } n}{\text{Загальна кількість самозваних операцій проти особи } n} \quad (1.5)$$

де  $FAR(n)$  представляє значення FAR для особи  $n$ , а FAR є середнім для всіх користувачів у базі даних. FRR і FAR тісно пов'язані з пороговим значенням  $T$ . Можна досягти будь-якого значення одного коефіцієнта помилок за рахунок іншого. Наприклад, у програмах з дуже високим рівнем безпеки бажано, щоб спроби самозванців не приймалися за біометричною системою. Це означає, що  $FAR = 0$ . Щоб досягти такого значення для FAR, необхідно збільшити порогове значення. Але при підвищенні граничного значення FRR також збільшується разом із цим, таким чином відкидаючи багатьох кваліфікованих користувачів. На рисунку 1.2 зображено зміна FRR і FAR з мірою подібності  $S$ .

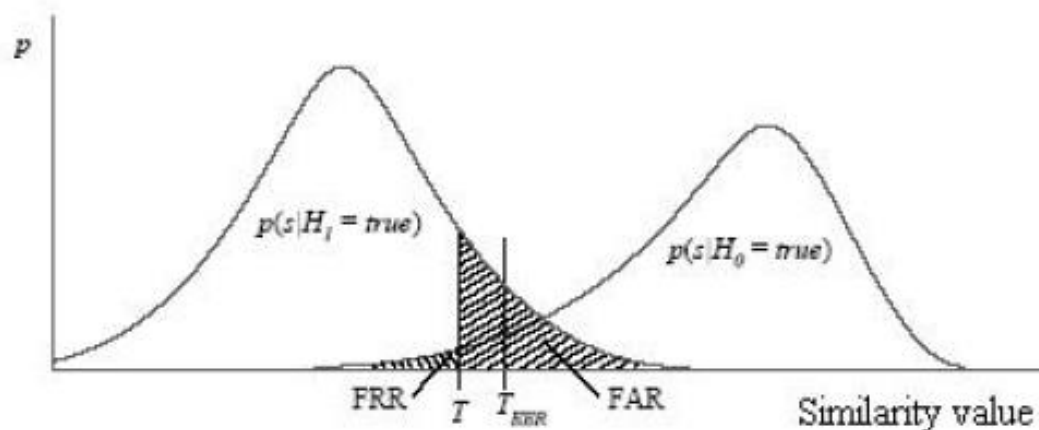


Рис 1.2 Помилки біометричної системи

Значення порогу,  $T$  змінюється, щоб отримати бажану відповідь від біометричних даних система. Значення  $T$  можна налаштувати таким чином, щоб FRR і FAR були рівними. Це значення помилки називається рівним коефіцієнтом помилок (EER)

$$EER=FRR=FAR \quad (1.6)$$

Графік між FAR і FRR при різних значеннях  $T$  називається роботою приймача. Характеристика (ROC). Приклад ROC показаний на рисунку 1.3.

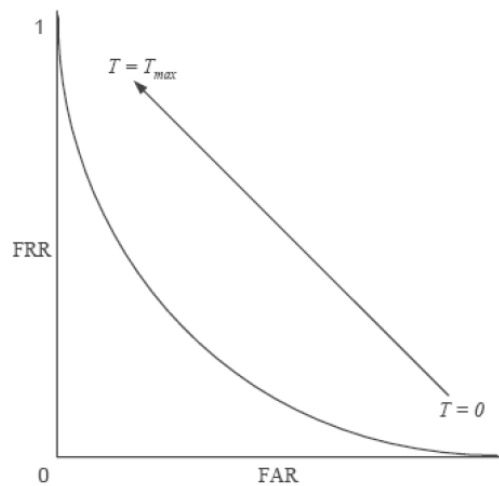


Рис. 1.3 Крива ROC, що показує співвідношення між FRR і FAR

Показники ефективності, які обговорювалися досі, здебільшого використовуються в системах перевірки. У сценарії ідентифікації для оцінки зазвичай використовується сукупна оцінка відповідності (CMS). Точність системи. CMS визначається наступним рівнянням.

$$CMS = \frac{\text{Всього правильних збігів}}{\text{Загальні спроби}} \quad (1.7)$$

Біометричні системи також можна використовувати для короткого списку кандидатів, які відповідають вимогам близько до ідентифікатор. Потім людина-експерт приймає остаточне рішення на основі короткого повідомлення перерахований список.

$$CMS_r = \frac{\text{Загальна кількість правильних збігів у верхній частині відсортованого списку}}{\text{Загальні спроби}} \quad (1.8)$$

Це може заощадити значну кількість часу та ресурсів експерта-людини не потрібно переглядати всі записи. У такому вигляді порівнюється з базою даних галереї послідовностей ходи, а потім галерея сортується в порядку спадання відповідно до значення міри подібності  $S$ . Потім значення  $CMS$  у різних рангах будується на графіку отримати сукупну криву відповідності (СМС). Значення  $CMS$  у ранзі  $r$  визначено нижче.

### 1.5 Висновки до розділу 1

Даний розділ оцінює продуктивність динамічних функцій, отриманих з різних частини силуетів. Встановлено відносну значущість цих динамічних ознак у налаштуваннях на основі зовнішнього вигляду. Це порівняльне дослідження динамічних особливостей може допомогти краще зрозуміти процес ходьби та детермінанти ходи в біометрії визнання. Результати можна застосувати для розробки більш міцного та надійного набору функцій для розпізнавання ходи. Рух нижньої половини тіла вважається основним визначальний фактор ходи людини. Ця робота проливає світло на важливість верхнього і рухи нижньої частини руки при розпізнаванні ходи. Бувають ситуації, коли це неможливо щоб отримати якісні характеристики з руху ніг через такі проблеми, як шум, тіні або оклюзія. Ми показуємо, що в них можна використовувати рух нижньою частиною руки та навіть плечем ситуаціях, щоб витягти ознаки ходи, таким чином уникаючи шумових даних із нижньої частини силуети. Особливості ходи першого типу базуються на кореляційних функціях 2-го та 3-го порядку.

Обидві нові особливості ходи оцінюються шляхом комплексного експериментального аналізу та їх продуктивність порівнюється з сучасними



технологіями. Пропонований функції на основі кореляції також поєднуються з іншими існуючими функціями для покращення продуктивності системи.

Ми також представляємо ще одну нову техніку виділення ознак, засновану на дискретному вейвлеті трансформувати. Запропонована функція ходи дуже компактна і обчислювальна складність вилучення ознак є низьким порівняно з іншими методами на основі зовнішнього вигляду. Це може значно заощадити обчислювальні ресурси під час автономної та онлайн обробки дані про ходу. Ми показуємо, що продуктивність функцій на основі вейвлетів не дуже висока надійний і значно погіршується через варіації умов запису.

Продуктивність тієї самої методики змінюється залежно від набору даних змінено. Продуктивність тестового алгоритму Baseline різко погіршується коли він реалізований в іншій базі даних. Природа бази даних і послідовності силуетів відіграють роль у визначенні ефективності розпізнавання особливості ходи. Продуктивність системи можна підвищити за рахунок виділення динамічних рис ходи з окремих частин силуетів на основі порівняльного вивчення релевантності ознак.

## **2. ДИНАМІЧНІ ЗМІНИ ТА МЕТОДИ ОБРОБКИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДАНИХ КОРИСТУВАЧА**

### **2.1 Динамічна зміни тіла та розпізнавання ходи**

Вилучення особливостей ходи з відеоданих дійсно є критичним кроком у системах розпізнавання ходи. Хода, будучи динамічним процесом, демонструє циклічні зміни зовнішнього вигляду на зображеннях, зроблених збоку. Однак було помічено, що статичні параметри тіла, такі як довжина і ширина кінцівок, також сприяють розпізнаванню ходи. У методах, заснованих на зовнішньому вигляді динаміка нижньої половини тіла зазвичай вважається більш важливою.

Були проведені дослідження щоб визначити відносну важливість статичних і динамічних особливостей у розпізнаванні ходи. Однак недостатньо досліджень, зосереджених на відносному аналізі динамічних характеристик різних частин тіла, особливо в налаштуваннях на основі зовнішнього вигляду. Динаміка різних частин тіла відіграє певну роль у характеристиці моделі ходи людини.

У контексті цієї роботи проводиться аналіз для оцінки дискримінаційної сили ознак, виділених з різних частин тіла. Це досягається шляхом застосування зональних масок-точок, які визначають цікаві області на тілі та виділення особливостей із цих областей. Вивчаючи відносну важливість динамічних характеристик різних частин тіла, можна отримати більш повне розуміння розпізнавання ходи.

Проводячи аналіз для оцінки дискримінаційної сили ознак, виділених з різних частин тіла, допомагає визначити, наскільки добре ці ознаки можуть розділити або класифікувати об'єкти на підгрупи чи категорії. Це важливо, наприклад, в біометрії для ідентифікації осіб або в наукових дослідженнях для

класифікації досліджуваних об'єктів. Ось кілька кроків для проведення аналізу дискримінаційної сили ознак з різних частин тіла:

1. Збір даних: Почніть зі збору даних, в яких виміряні ознаки з різних частин тіла. Наприклад, це може бути довжина рук, розмір ноги, об'єм талії тощо. Важливо мати достатньо об'єктів для аналізу в кожній категорії.

2. Визначення категорій: Розділіть об'єкти на категорії, які ви хочете порівняти за допомогою ознак. Наприклад, це може бути розділення на статі, вікові групи, фізичну активність тощо.

3. Статистичний аналіз:

- Обчисліть статистичні міри для кожної ознаки в кожній категорії. Це може включати середнє значення, стандартне відхилення, медіану, коефіцієнт варіації та інші.

- Використовуйте статистичні тести, такі як аналіз дисперсії (ANOVA) або критерій Крускала-Уолліса для визначення, чи є статистично значущими різниці між категоріями для кожної ознаки.

4. Моделювання та класифікація:

- Використовуйте методи машинного навчання, такі як класифікаційні моделі, для спроби класифікувати об'єкти на основі ознак з різних частин тіла.

- Оцініть точність та дискримінаційну здатність моделі.

5. Оцінка дискримінаційної сили:

- Визначіть, які ознаки найбільше внесли в класифікацію об'єктів. Це може бути визначено за важливістю ознак у моделі.

6. Інтерпретація результатів: Після аналізу та моделювання оцініть дискримінаційну силу ознак і робіть висновки щодо того, наскільки добре ознаки можуть відокремити об'єкти в різні категорії.

Цей процес дозволяє визначити, наскільки ефективні використовувані ознаки для класифікації або розпізнавання, і чи може бути вдосконалена дискримінаційна сила, включаючи вибір більш інформативних ознак або використання додаткових методів аналізу даних.

Динамічні зміни тіла та розпізнавання ходи використовуються в різних сферах, включаючи біомеханіку, біометрію, технології відстеження та безпеку. Ось деякі аспекти цих понять:

#### 1. Динамічні зміни тіла:

- Це визначення змін, які відбуваються в тілі людини або іншого організму під час руху або впливу зовнішніх сил.

- Динамічні зміни можуть включати згини, обертання, розтягування, скорочення та інші механічні процеси.

- Вони можуть бути досліджені і вимірювані за допомогою різних методів, включаючи біомеханічний аналіз та використання датчиків руху.

#### 2. Розпізнавання ходи:

- Розпізнавання ходи - це технологія, яка використовується для ідентифікації особи за її унікальним способом ходи.

- Кожна людина має власний ідентифікуючий ход, який базується на таких факторах, як довжина кроку, частота кроку, кут нахилу тіла під час ходи тощо.

- Розпізнавання ходи може бути використаною для безпеки, аутентифікації або в системах відстеження осіб.

#### 3. Застосування:

- Динамічні зміни тіла можуть бути важливими для розуміння біомеханіки, вивчення руху людини та розробки ергономічних рішень у дизайні спорядження, меблів та інших предметів.

- Розпізнавання ходи застосовується в багатьох областях, включаючи безпеку в аеропортах та на громадських подіях, аутентифікацію користувачів в біометричних системах та в системах відстеження злочинців.

#### 4. Технології та методи:

- Для дослідження динамічних змін тіла використовуються біомеханічні аналізи, датчики руху, силоміри та комп'ютерні моделі.

- Розпізнавання ходи може базуватися на відеоспостереженні, датчиках руху, машинному навчанні та алгоритмах комп'ютерного зору.

Ці концепції і технології використовуються для різних цілей, і вони продовжують розвиватися, сприяючи покращенню безпеки, здоров'я і ідентифікації осіб.

## **2.2 Аналіз основних методів обробки даних ідентифікації користувачів**

Концепція розпізнавання людини за ходою була надихнута психологічними дослідженнями сприйняття рухів, проведеними Йоханссоном. Йоханссон використовував техніку під назвою Moving Light Display (MLD), щоб вивчити, як люди сприймають рух. В експериментах MLD лампочки прикріплювали до суглобів людини і людину знімали під час виконання різних видів рухової діяльності, як-от ходьба, танці та біг на темному тлі.

Отримані плівки зафіксували лише колекцію яскравих плям у двовимірній площині без будь-якої структурної інформації, оскільки яскраві плями не були з'єднані. Коли ці фільми показували різним спостерігачам розкидані плями здавалися їм безглуздими. Однак під час відтворення фільмів рух плям створював враження людини, яка йде, танцює чи біжить. Це продемонструвало, що відносні рухи певних суглобів в тілі людини містять інформацію про індивідуальні стилі та динаміку ходьби.

На рисунку 2.1 зображено положення лампочок і відповідне відображення точок для рухів ходьби та бігу в дослідах Йоханссона. Дослідження також показали, що обізнаність спостерігача з певним типом руху відіграє значну роль у його розпізнаванні. Наприклад, перевернуті MLD, де рух був зворотним, спостерігачі не розпізнавали як модель ходьби або танцю[31-40].

Ці висновки підкреслюють важливість відносних рухів суглобів у передачі інформації про рух людини та підкреслюють роль знайомства у розпізнаванні конкретних патернів руху. Це розуміння заклало основу для розпізнавання ходи як біометричного методу.



Рис 2.1 Розпізнавання руху користувача за методом Йоханссона

Сферу аналізу руху людини та розпізнавання ходи можна класифікувати на два основні класи: методи на основі датчиків і методи на основі зображень.

*Сенсорні методи:* У сенсорних методах бездротові або дротові датчики прикріплюються до суглобів суб'єктів. Ці датчики реєструють зміщення та кути суглобів відносно контрольної точки. Аналізуючи траєкторії кутів суглобів і відстані між різними частинами тіла під час ходи можна виконати розпізнавання та аналіз. Притискні пластини або килими також можна використовувати для вимірювання профілю тиску стоп під час ходи. Сенсорні методи зазвичай використовуються в медичних дослідженнях і реабілітаційних дослідженнях. Однак вони, як правило, обмежені лабораторними установками та мають більш спеціалізовану сферу застосування.

*Методи на основі зображень:* Методи, засновані на зображенні, з іншого боку, не вимагають жодних датчиків, прикріплених до тіла. Натомість записується відео коли людина йде заздалегідь визначеним шляхом. Ці відеодані можна знімати в приміщенні або на вулиці за допомогою однієї або кількох камер. Методи засновані на зображенні пропонують ширший діапазон і застосування, оскільки вони можуть аналізувати існуючі відеодані та кадри,

записані для інших цілей. Техніки на основі зображень можна далі розділити на дві категорії: методи на основі маркерів і методи без маркерів.

*Методи на основі маркерів:* методи на основі маркерів передбачають розміщення активних або пасивних маркерів на тілі суб'єкта в різних суглобах. Ці маркери допомагають виявляти та відстежувати рух певних суглобів на відео під час ходи. Суб'єкти часто носять чорний облягаючий одяг, а на суглоби наносять світловідбиваючі маркери. Іноді для допомоги в процесі відстеження використовуються маркери іншого кольору ніж одяг суб'єктів.

*Методи без маркерів:* у методах без маркерів відео записується без використання будь-яких маркерів, а дані знімаються на суб'єктів у звичайному одязі. Цей підхід усуває потребу в прикріпленні маркерів але вимагає складних алгоритмів для виділення характеристик ходи та аналізу відеоданих.

Методи засновані на датчиках і на основі зображень мають свої переваги та застосування. Методи на основі датчиків забезпечують більш точні вимірювання але обмежені контрольованим середовищем. Методи на основі зображень пропонують ширше застосування, особливо в сценаріях спостереження та судово-медичної експертизи але вимагають надійних алгоритмів для виділення та аналізу ознак.

У безмаркерному аналізі та розпізнаванні ходи на основі зображень існує два основні підходи: методи на основі зовнішнього вигляду та методи на основі моделі. Ось огляд кожного підходу:

*Методи на основі зовнішнього вигляду:* Методи аналізу та розпізнавання ходи засновані на зовнішності, не передбачають жодних попередніх знань про геометричну форму людського тіла. Ці методи зосереджені на виділенні та аналізі візуальних особливостей безпосередньо із зображень ходи або відео. Особливості можуть включати шаблони руху частин тіла, текстури або інші візуальні підказки, які вказують на ходу людини.

Ці методи часто використовують методи машинного навчання для навчання моделей, які можуть розпізнавати та класифікувати моделі ходи.

Вони можуть включати такі методи виділення ознак, як обробка зображень, аналіз руху та статистичне моделювання. Методи засновані на зовнішньому вигляді мають перевагу, оскільки вони не покладаються на явні геометричні моделі, що робить їх більш гнучкими та адаптованими до різних людей і середовищ.

Методи на основі моделі: Методи, засновані на моделі з іншого боку, використовують апріорні моделі геометричних форм людського тіла. Ці методи припускають, що певні частини тіла або тіла слідує певним моделям рухів під час ходи. Захоплюючи та відстежуючи рухи цих конкретних частин тіла на зображеннях або відеоході, модель ходу можна аналізувати та розпізнавати.

Методи, засновані на моделях, фактично вимагають початкового калібрування або етапу навчання для побудови геометричної моделі тіла людини. Це можна включати зйомку зображення або відео людини в контрольованому середовищі під час виконання певних рухів. Якщо модель створена, її можна використовувати для відстеження та аналізу ходу наступних зображень або відео.

Останні розробки методів, заснованих на зовнішності та моделях, сприяли вдосконаленню аналізу та розпізнавання ходу. Ці розробки включають використання методів глибокого навчання, вдосконалених алгоритмів вилучення функцій та інтеграцію декількох моделей, таких як інформація про глибину з 3D-камерою.

Варто зазначити, що ця робота належить до категорії без маркерів на основі зображення, що означає, що увага зосереджена на аналізі моделі ходу, не розміщуючи на маркері, прикріплені до тіла або припускаючи модель конкретної геометричної форми.

Підходи до аналізу та розпізнавання ходи, засновані на моделі, складаються на апріорну форму людини або геометричні моделі для аналізу руху та форми різних частин тіла. Ці методи не привернули такої уваги в



області аналізу ходи інакше з іншими підходами, заснованими на відстеженні, частково через обчислювальні проблеми, пов'язані з відстеженням людського тіла.

У методах, заснованих на моделях, модель людського тіла параметризована, а відстеження форми досягається шляхом встановлення відповідності між конфігураціями моделей та особливостями зображення. Загальні методи відстеження в підходах на основі моделі включають фільтр Калмана [6], динамічний байєсівський [7], мережевий алгоритм конденсації [8].

Характеристики ходу витягуються з підходів на основі моделі шляхом аналізу або статичних параметрів, або правильного руху кутів суглобів. Статичні параметри, такі як висота тулуба, довжина ніг і кроків, обчислюються шляхом підгонки моделі до кожного кадру, а потім додатково аналізуються для видачі ознаки. Деякі методи також розраховують траєкторії кутів суглобів і виділяють їх особливості ходи.

Підходи на основі моделі можна класифікувати на основі розмірності моделі форми, яка може бути двовимірною, площинною або тривимірною. Вибір розмірності моделі форми залежить від конкретних вимог завдання аналізу ходи.

### **2.3 Розпізнавання ходи за зовнішнім виглядом**

У методах розпізнавання ходи на основі зовнішнього вигляду початковим кроком зазвичай є виявлення руху, де люди, що рухаються, відокремлюються від фону в послідовності зображень. Після ізоляції людських областей застосовуються методи аналізу форми, щоб виділити ознаки ходи.

Деякі методи виділяють статичні параметри тіла, такі як довжина та ширина кінцівок і зріст людини, щоб представити ходу. Ці параметри надають

інформацію про загальну структуру тіла та пропорції, які можуть бути відмінними для різних людей.

Інші методи зосереджені на вилученні динамічних особливостей, які фіксують зміни форми та потік руху під час ходи. Ці динамічні особливості відображають часові варіації у формі частин тіла та моделі рухів під час ходьби. Методи, засновані на динамічних особливостях, мають на меті вловити унікальні характеристики моделі ходи людини.

Загалом, методи розпізнавання ходи на основі зовнішнього вигляду поєднують виявлення руху, аналіз форми та виділення ознак, щоб зафіксувати та представити характерні моделі ходи людей. Ці методи використовують як статичні параметри тіла, так і динамічні характеристики для розпізнавання людей на основі їхньої ходи.

Таблиця 2.1 Дослідження розпізнавання ходи на основі моделі

Authors	Body Model	Database Size # Subj./Seq.	Database Complexity	Average Performance(%)
Niyogi et. al. [9]	Stick Figure	5/26	Low	81
Gavrila et. al. [10]	3D	3/3	Low	NA
Deutscher et. al. [12]	2D	1/1	Low	NA
Huang et. al. [13]	2D	1/1	low	NA
Bobick et. al. [14]	2D	15/268	Medium	87.78
Green et. al. [17]	3D	58/58	Low	94
Urtasun et. al. [18]	3D	1/1	Low	NA
Sappa et. al. [19]	3D	1/1	Low	NA
Wagg et. al. [21]	2D	115/4824	Medium	72.95
Haiping et. al. [22]	2D	72/287	High	25/18 <sup>1</sup>
Gu et. al. [23]	3D	12/12	Low	94.1
Arai et. al. [24]	Stick Figure	62/264	Low	95.97

У таблиці 2.2 узагальнено та порівняно ефективність методів розпізнавання ходи на основі зовнішності.

Таблиця 2.2 Техніка розпізнавання ходи за зовнішнім виглядом

Authors	Database Size # Subj./Seq.	Database Complexity	Average Performance(%)
James et. al. [30]	6/42	Low	97.6
Philips et. al. [32]	71/452	High	35.92
BenAbdelkader et. al. [33]	44/176	Low	77
Chellappa et. al. [34]	71/452	High	53.51
Foster et. al. [36]	28/112	Medium	75
Liu et. al. [37]	71/287	High	23.48
Boulgouris et. al. [43]	71/452	High	36
Xu et. al. [44]	71/440	High	55.48
Lu et. al. [49]	71/452	High	54

## 2.4 Динамічні та статистичні функції

Дослідження, створені в тексті, підкреслюють важливість вивчення людської локомоції, зокрема ходи, у спільних медичних і фізіологічних дослідженнях. Ці дослідження спрямовані на виявлення варіацій ходи, розрізнення нормальної та патологічної ходи та допомоги в реабілітації сім'ї. Нижче наведено декілька ключових висновків і підходів цих: дослідження.

Детермінанти ходи: Saunders et al. визначте ходьбу людини як переміщення центру маси тіла з однієї точки в іншу з мінімальними витратами енергії. Вони визначили шість детермінантів ходи (обертання тазу, нахил тазу, згинання коліна в середній позиції, рух стопи та щиколотки, рух коліна та бічний зсув тазу), які впливають на витрати енергії. Ці детермінанти дають виявлення про моделі рухів різних м'язів і кінцівок під час ходи та є цінними для виявлення аномалій і керуючих систем розпізнавання.

Часові та просторові особливості: Das et al. досліджували роль часових і просторових ознак за допомогою аналізу головних компонентів (PCA). Вони

зібрали дані про ходу за допомогою системи захоплення руху з маркерами на суглобах людей. Їхні експерименти показали, що тимчасові компоненти в основному початковій фазі ходи і становлять приблизно 70% варіацій даних. Просторові компоненти, з іншого боку, сприяють розрізненню різних типів ходи, таких як ходьба та біг.

Статичні та динамічні характеристики: Wang et al. використовували як статичні, так і динамічні особливості тіла для розпізнавання людини. Статичні особливості були отримані за допомогою аналізу форми Procrustes, що призвело до компактного представлення зовнішнього вигляду. Динамічні характеристики включали оцінку траекторій кутів суглобів нижніх кінцівок за допомогою алгоритму Condensation. Оцінка бази даних із 80 позицій від 20 суб'єктів показала, що статичні ознаки досягли рівня розпізнавання 83,75% у ранзі 1, динамічні досягнення – 87,5%, а комбінація обох призвела до рівня розпізнавання 97,5% у ранзі 1. Інше порівняльне дослідження Wang et al. підкреслив перевагу динамічних ознак над статичними для ідентифікації людини.

Форма та кінематичні особливості: Veeraraghavan et al. провели детальне порівняння форм та кінематичних ознак для розпізнавання людини. Їхні експерименти показали, що форма тіла несе більше інформації, ніж кінематика при розпізнаванні людей з відеорядів. Однак поєднання кінематичних особливостей із особливостями форми значно підвищило продуктивність системи. Подібним чином аналіз ходу, проведеного Green і Guan, показав, що статичні антропометричні ознаки були більш ефективними, ніж динамічними (суглобові кутові траекторії) для ідентифікації людини. Навпаки, експерименти Johansson підкреслили важливість динамічних ознак для ідентифікації.

Ці дослідження демонструють багатогранність аналізу ходу та повинні отримати як статичні, так і динамічні особливості для розуміння та розпізнавання ходу людини. Аналізуючи часові та просторові моделі, форму

тіла та кінематику, дослідники містять цінні відомості про варіації ходу, аномалії та алгоритми розпізнавання[41-59].

Пересування людини широко вивчається спільнотою медичних і фізіологічних дослідників.

Основне їхнє призначення – визначити варіації ходи та розрізнити їх нормальної та патологічної ходи та реабілітації хворих. Ходьба людини як перенесення центру мас тіла з однієї точки іншим у спосіб, який потребує найменшої енергії [60]. Вони також ідентифікували шість ходів детермінанти або змінні, які впливають на витрати енергії. Шість факторів, що визначають ходу це обертання тазу, нахил тазу, згинання коліна в середній позиції, рух стопи та щиколотки, коліно рух і бічний зсув тазу. У центрі уваги ця робота, а також інші подібні один з них полягав у вивченні руху різних м'язів і кінцівок під час процесу ходи.

Ці типи досліджень корисні для виявлення відхилень у ході людини та можуть також служити загальним керівництвом для систем розпізнавання. Сприйняття ходи людини а також його розпізнавання передбачає набагато більше, ніж просто шість визначників, наведених у [60].

Das et. al. досліджували відносну роль використання часових і просторових ознак

РСА [61]. Дані про ходу збирали за допомогою системи захоплення руху з 13 маркерами на суглобах людей. Їх експерименти показали, що часові компоненти визначають фазу ходи і складають приблизно 70% варіації даних. Однак скроневі компоненти не можуть розрізнити тип ходи, наприклад біг і ходьба. Просторові компоненти надають ознаки для розрізнення біг і ходьба. Wang et. al. використовували як статичні, так і динамічні особливості тіла людини визнання [62]. Статичні особливості тіла були отримані з використання форми Прокруста аналіз для отримання компактного представлення зовнішнього вигляду. Динамічні дескриптори були оцінюється шляхом відновлення траєкторій суглобового кута нижніх кінцівок за

допомогою конденсації алгоритм. Алгоритм оцінювали за допомогою бази даних, що складається з 80 послідовностей з 20 суб'єктів і чотири послідовності на суб'єкт. Вони повідомили про визнання 83,75% у ранг 1 за використання лише статичних функцій і показник успіху 87,5% для динамічних функцій були використані. Об'єднані функції призвели до підвищення рівня розпізнавання на 97,5%. ранг 1. Wang et. al. також виконано ще одне порівняльне дослідження між динамічними і про статичні особливості в їхній роботі повідомлено в [63]. Їх робота показала, що динамічна інформація витягнуті з відеопослідовності є дещо кращими для ідентифікації людини ніж статична інформація.

Veeraraghavan et. al. провели детальне порівняння між формою та кінематикою особливості для розпізнавання людиною [64]. Їхні дослідження вказали на таку форму тіла несе більше інформації, ніж кінематика для розпізнавання людей з відео послідовності. Однак використання кінематики в поєднанні з особливостями форми значно покращено продуктивність системи. Подібним чином аналіз ходи виконує робота

Грін і Гуан також показали, що витягнуті ними антропометричні (статичні) ознаки були більш дискримінаційними для ідентифікації людини, ніж динамічні особливості в форму траєкторій кута суглоба [17]. З іншого боку, дослідження, проведені Йоханссон встановив важливість динамічних ознак для ідентифікації [4].

Детермінанти в розпізнаванні ходи. У методах, заснованих на зовнішньому вигляді, динаміка нижньої половини тіла є загальною вважається більш важливим. Були проведені дослідження відносної важливості статичні та динамічні особливості в розпізнаванні ходи. Але роботи у родичів бракує аналіз динамічних особливостей різних частин тіла, особливо зовнішнього вигляду на основі налаштування. Динаміка різних частин людського тіла відіграє певну роль у характеристиці модель ходи людини. У цьому розділі ми проаналізуємо дискримінацію потужність функцій, витягнутих з різних частин

тіла шляхом застосування зональних масок. Це буде основою для вибору динамічних характеристик і розвитку алгоритми розпізнавання ходи в наступній частині цієї дисертації.

## 2.5 Процес вилучення динаміки тіла

Процес ходьби людини має циклічний характер. Цикл ходи - це час між двома ідентичні події під час ходьби людини і зазвичай вимірюється від удару п'ятою до удар п'ятою однієї ноги. Повний цикл ходи показаний на рисунку 3.1. Рух о Руки та ноги є найбільш помітним рухом під час циклу ходи. Припускаючи, що зображення площина перпендикулярна до напрямку руху, проміжок між двома ногами в 2D силуети людини змінюються під час циклу ходи. Аналогічно розрив між руками і решта тіла також змінюється циклічно.

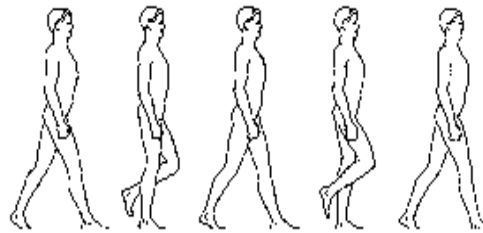


Рисунок 2.2: Цикл ходи людини

Ця динамічна інформація може бути зафіксовано шляхом застосування масок області в різних частинах бінарних силуетів, подібних до підхід, прийнятий Foster et. al. [36]. Кількість пікселів бінарних силуетів під ці маски розраховується. Процес повторюється для кожного бінарного силуету в послідовність ходи і отримуємо шість сигналів області довжиною  $N$ , кількість кадрів у послідовність ходи. Ширина кожної маски області становить 15 пікселів. На рисунку 2.3 показано розташування шість масок зон для прикладу

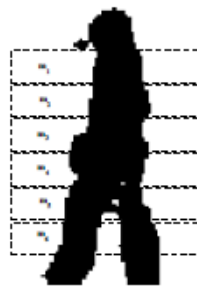


Рисунок 2.3: Маски зон

силуету з бази даних GC. Наступні рівняння підсумуйте виділення шести сигналів області з масок, показаних на рисунку 2.3[61-66].

$$b[i, j] = \begin{cases} 1 & \text{if pixel } [i, j] \text{ belongs to foreground} \\ 0 & \text{if pixel } [i, j] \text{ belongs to background} \end{cases} \quad (2.1)$$

$$m_p[i, j] = \begin{cases} 1 & \text{if } J_p \leq p < J_p + 15 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.2)$$

$$a_p[n] = \sum_{i, j} b_n[i, j] m_p[i, j] \quad (2.3)$$

де  $b[i, j]$  – бінарний силует,  $m_p[i, j]$  — маска області, а  $a_p[n]$  — область під маска  $p$  для кадру  $n$  послідовності силуетів.  $J_p$  є початковим рядком для маски  $m_p$  і  $p = \{1; \dots; 6\}$  – індекс маски.

Ці зональні сигнали показані на малюнках 2.2 і 2.3 для двох типових послідовностей силуетів з бази даних. Сигнали зони, отримані шляхом застосування масок зони, містять шум через недосконалість процесу виділення



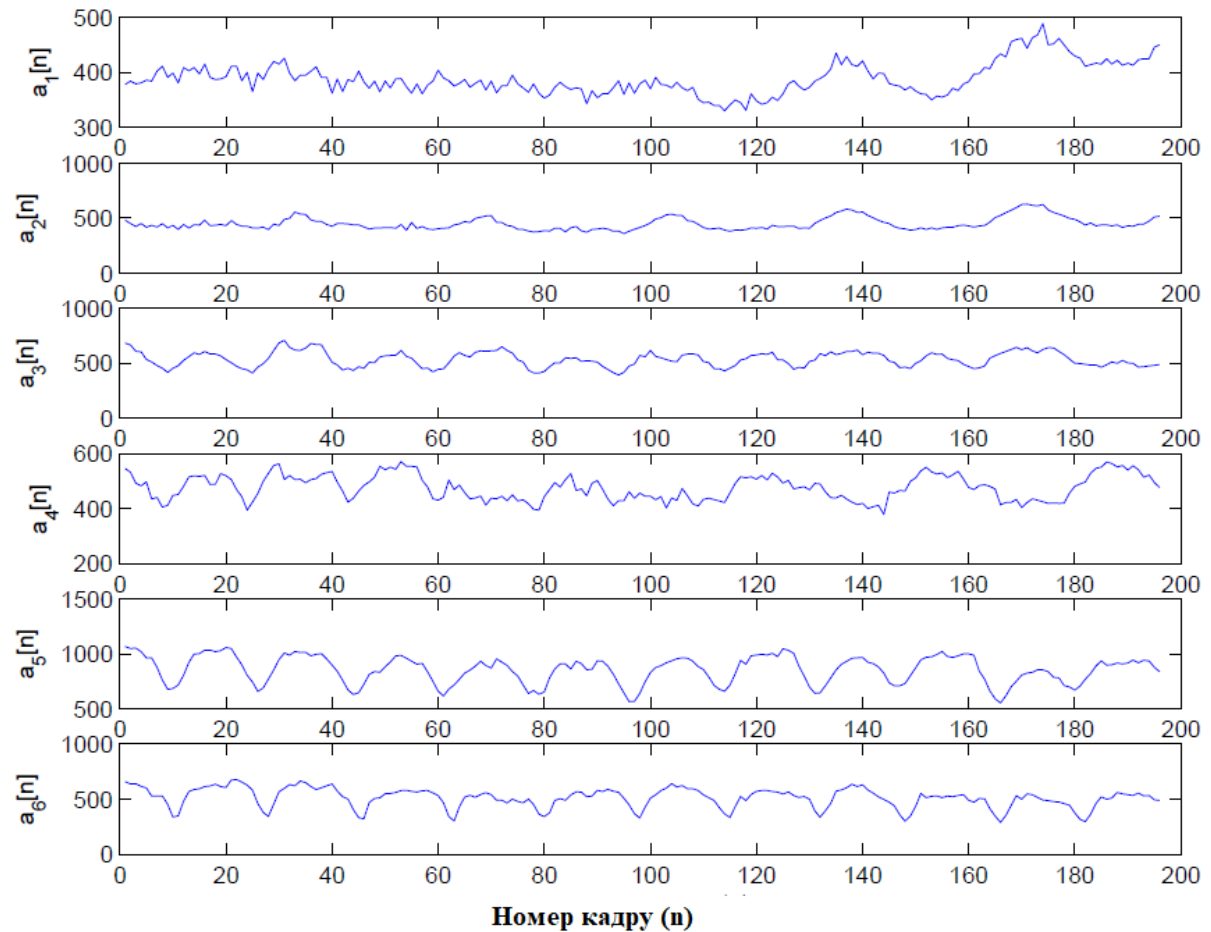


Рисунок 2.3: Сигнали зони для послідовності силуетів

силуету. Спостерігається, що висока змінна частота хвилі присутня в усіх сигналах області. Застосовуємо ново запропонований алгоритм емпіричної декомпозиції моди (EMD) для усунення цих хвиль, що їздять, щоб отримати сигнали чистішої зони [66]. Традиційні методи аналізу даних, такі як перетворення Фур'є мають невід'ємне обмеження щодо їх застосування. Вони підходять, коли система є лінійні, а дані стаціонарні. У більшості практичних сценаріїв застосування ці два умови рідко задовольняються. Але ці традиційні методи все ще широко використовуються, оскільки їхньої простоти та добре сформованої теоретичної бази. У деяких випадках нелінійні і

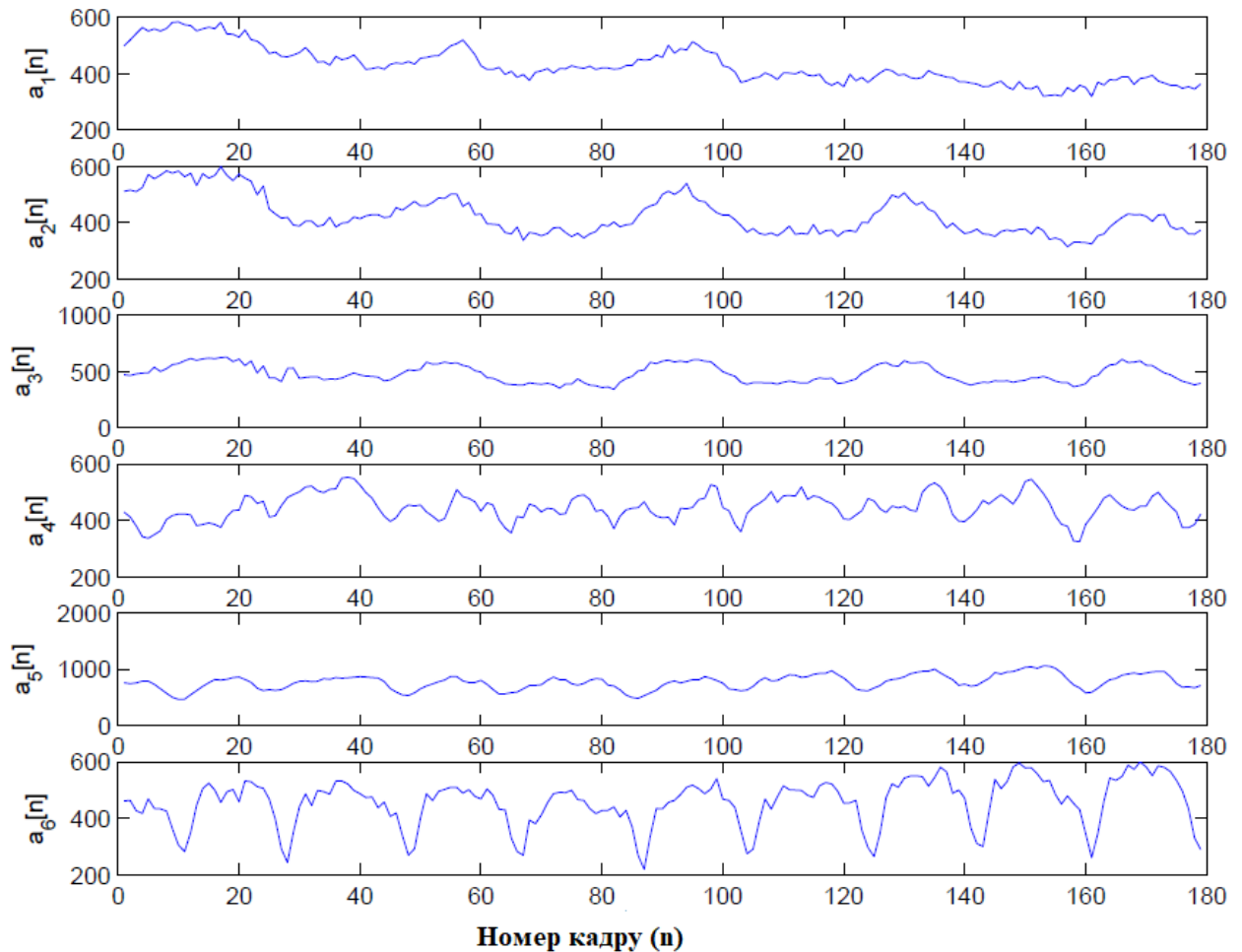


Рисунок 2.4: Сигнали зони для іншої послідовності силуетів

нестационарні дані можуть бути перетворені в лінійні та стаціонарні дані перед обробкою це за допомогою методів на основі Фур'є. Але в багатьох випадках потрібні нові методи, які можуть аналізувати нелінійні та нестационарні дані. Був певний прогрес в аналізі нестационарних даних за останні роки. Вейвлет-аналіз і розподіл Вагнера-Вілля є прикладами інструментів аналізу даних для нестационарних даних. ЕМД не розкладається лінійні нестационарні дані в коливальні режими, які називаються функціями внутрішнього режиму (IMF) [66]. Алгоритм EMD описано в Додатку А.

Щоб проілюструвати видалення шуму за допомогою EMD, ми вибираємо два сигнали області 2.3 та розкласти їх за допомогою алгоритму EMD. Вхідні сигнали будуються на графіку на рисунку 2.5 та їх IMF на

рисунках 2.6 та 2.7. Високочастотний шум виглядає як перший IMF, IMF1, як показано на рисунках 3.6 і 3.7. Сигнали місцевості реконструйовані ігноруючи IMF1, як задано наступними рівняннями.

$$\hat{a}_1[n] = \sum_{i=2}^5 e_i[n] + r_k[n] \quad (2.4)$$

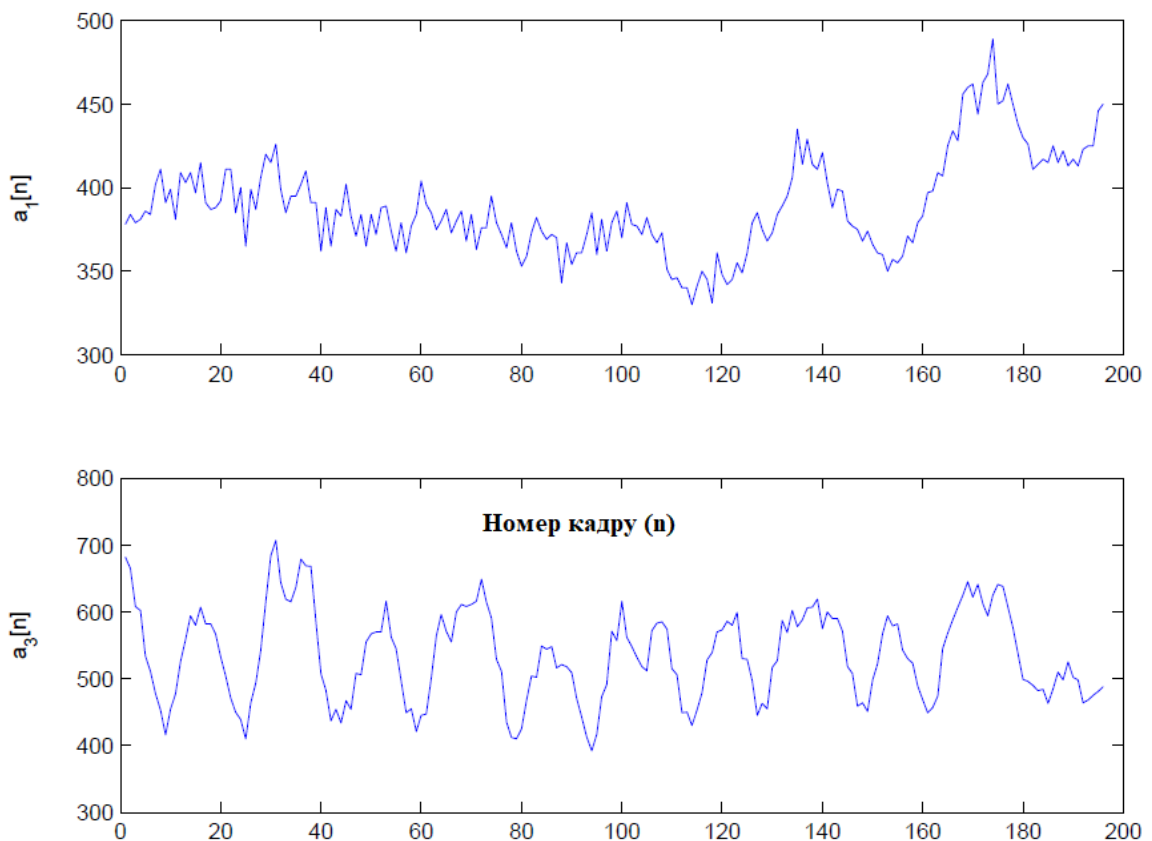


Рисунок 2.5: Сигнали зашумленої зони

$$\hat{a}_3[n] = \sum_{i=2}^5 e_i[n] + r_k[n] \quad (2.5)$$

Реконструйовані сигнали показані на рисунку 2.8.

Після видалення шумів із сигналів області за допомогою алгоритму EMD обчислюємо автокореляцію з усіх шести реконструйованих ділянок функціонує наступним чином:

$$R_{\acute{a}_p}[l] = \sum_n \acute{a}_p[n] \acute{a}'_p[n+l] \quad (2.6)$$

де  $R_{ap}$  являє собою автокореляційну функцію реконструйованого сигналу області  $ap$  і  $l$  - часовий лаг.  $R_{ap}$  обчислюється лише для позитивних лагів, тобто  $l = \{0; 1; \dots; N - 1\}$ . Динамічні характеристики ходи потім виводяться за допомогою дискретного косинусного перетворення (DCT) з шести автокореляційних функцій. DCT дискретної функції  $R_{ap}$  визначено нижче

$$T_p[k] = c[k] \sum_{l=0}^{N-1} R_{\acute{a}_p}[l] \cos\left(\frac{\pi(2l+1)k}{2N}\right) \quad (2.7)$$

де  $T_p[k]$  — DCT-перетворення вихідного сигналу  $R_{ap} [l]$  довжини  $N$ . Коефіцієнт  $c[k]$  визначається як:

$$c[0] = \sqrt{\frac{1}{N}}, \quad c[k] = \sqrt{\frac{2}{N}} \quad \text{for } 1 \leq k \leq N - 1. \quad (2.8)$$

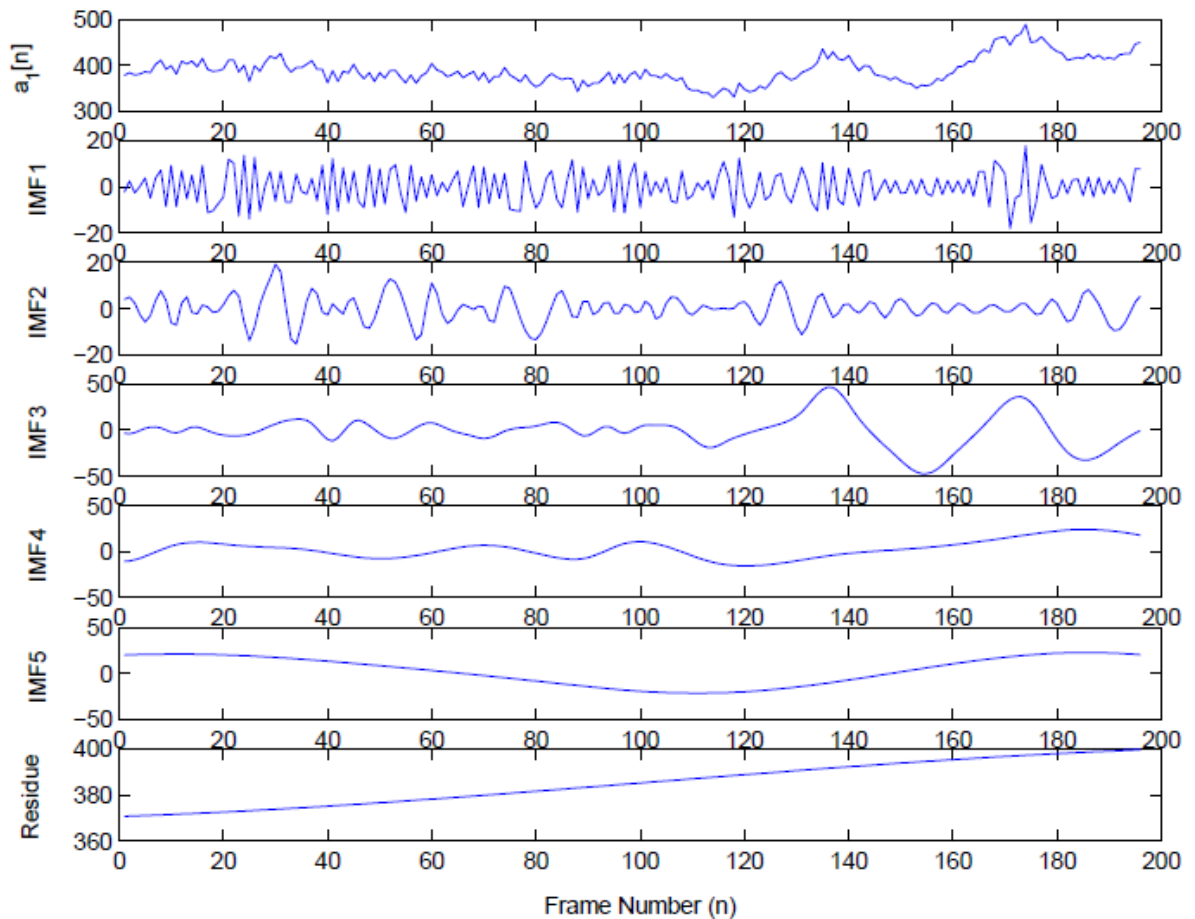


Рисунок 3.6: Вхідний сигнал  $a_1$  та його IMF

## 2.6 Експериментальний аналіз даних

### 2.6.1. База даних

Існує кілька баз даних, які використовувалися для експериментальної оцінки розпізнавання ходи працює за останні два десятиліття. Більшість баз даних були записані в закритих приміщеннях кількість предметів була невеликою. Деякі приклади баз даних ходи: база даних MIT, CMU база даних MoVo, база даних SOTON, база даних Georgia Tech (GTech) і база даних GC.

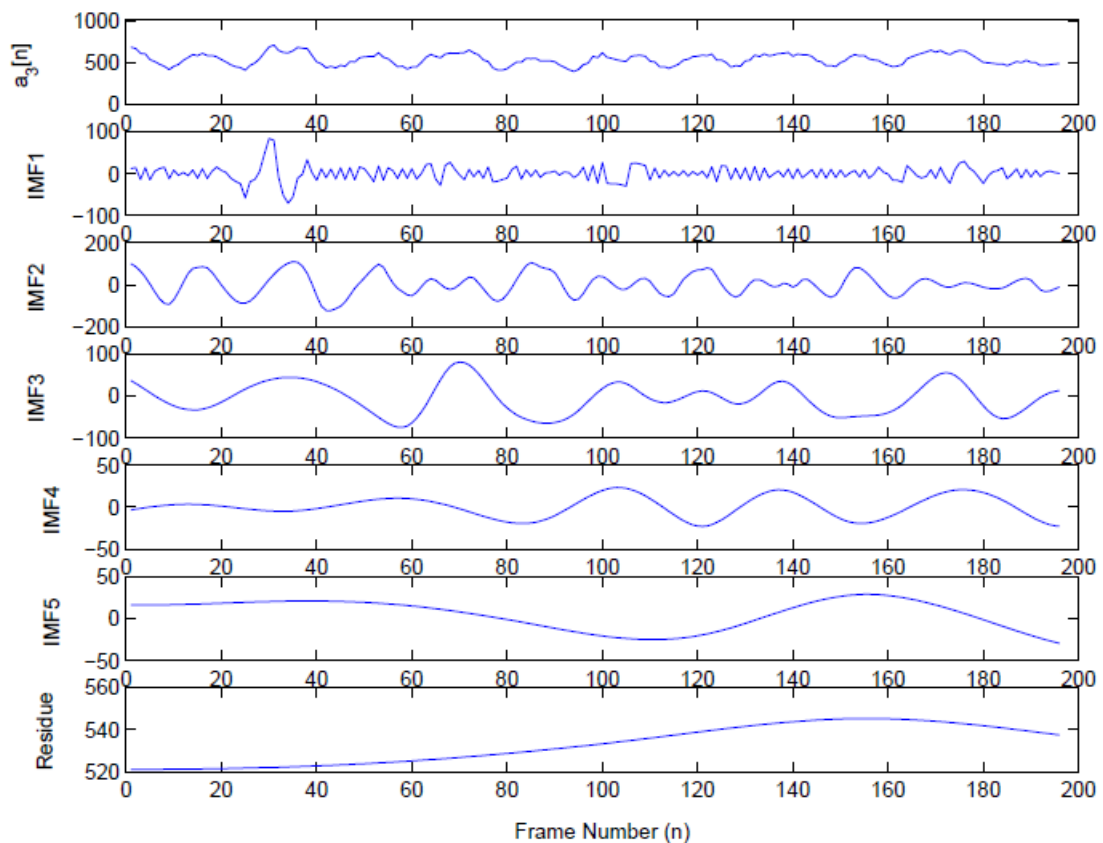


Рисунок 2.7: Вхідний сигнал  $a_2$  та його IMF

У таблиці 3.1 подано короткий перелік різних баз даних, які використовуються для ідентифікації на основі ходи. У експериментах використовуємо дві бази даних ходи, а саме GTech і базу даних GC. База даних GTech — це менша база даних, яка складається лише з 15 предметів. версія бази даних GC набагато більша і містить 71 предмет. База даних GC є найповніша база даних серед згаданих вище. Її повна версія складається 122 суб'єктів із 1870 послідовностями та шістьма коваріантами. Подробиці про цих двох бази даних наведено нижче.

База даних GTech: Ця база даних складається із записаних послідовностей із 14–18 осіб використання однієї камери з площиною огляду, перпендикулярною площині землі. Множинний відеоряди суб'єктів були записані в приміщенні під двома різними кутами камери фронтально-паралельний і шлях  $45^\circ$ . Потім ті самі суб'єкти були записані на відкритому

повітрі після 6 місяців під двома кутами огляду. Цього разу кути огляду були фронтально-паралельні і  $55^\circ$ . Відеодані доступні у форматі .avi, і кожен файл має розмір приблизно 25 Мб. Послідовність силуетів 15 предметів також доступна для експериментів з ходою [68]. Кількість послідовностей силуетів у базі даних становить 268. Ми використовуємо 5 наборів зондів для продуктивності оцінка в наших експериментах. Перший набір зондів складається з усіх послідовностей у бази даних, за винятком послідовностей галереї. Решта 4 наборів зондів визначено проект ідентифікації людини GTech на відстані. У таблиці 3.2 наведено опис усіх п'ять наборів зондів. На малюнку 3.9 показано кілька прикладів відеокадрів із бази даних GTech.

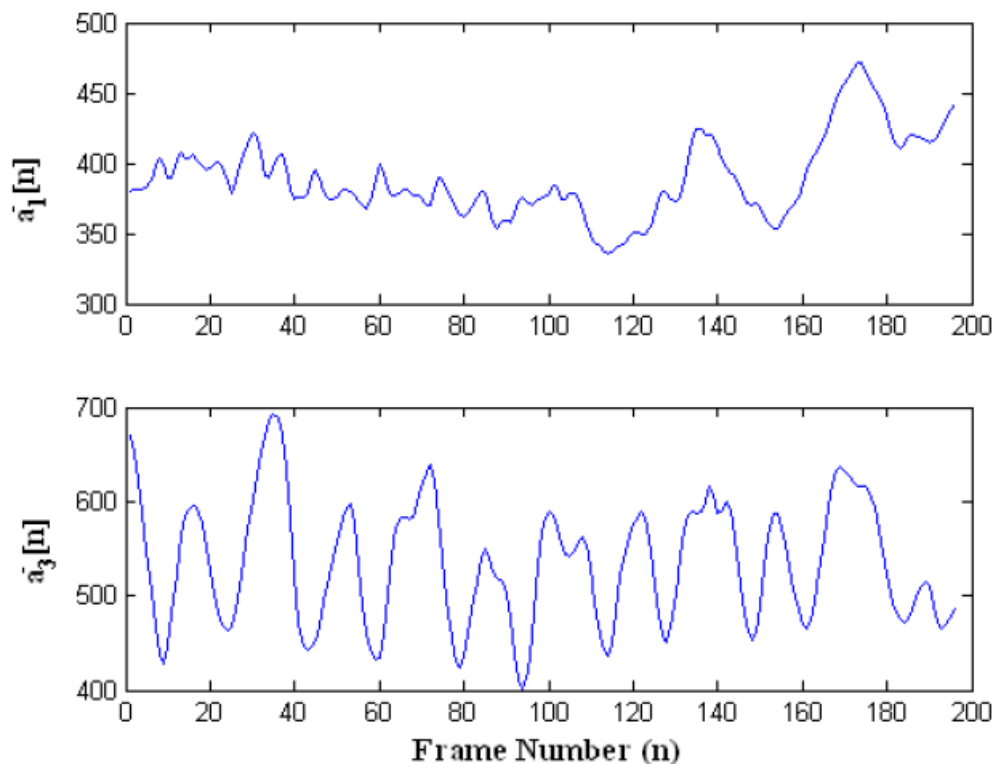


Рисунок 2.8: Сигнали зони після видалення шуму

На рисунку 2.10 показано кілька прикладів силуетів із бази даних GTech. База даних GC: базу даних викликів ходи HumanID розроблено Університет Південної Флориди для оцінки продуктивності систем розпізнавання ходи [69].

База даних складається з наборів даних, записаних за різних умов, щоб ефекти за допомогою цифрової камери miniDV. Траєкторії ходьби для двох кутів огляду були вплив різних факторів навколишнього середовища на

Таблиця 2.1: Зведення баз даних ходи

Data Set	Subj.	Seq.	Scene	Covariates
UCSD	6	42	Wall Background	Time
CMU MoBo	25	600	Indoor, Treadmill	Viewpoint, Speed, Surface incline, Carrying condition
GTech	15	268	Indoor, Outdoor	Time, Viewpoint
Maryland	55	222	Outdoor, Top mounted	Time, Viewpoint
MIT	24	194	Indoor	Time
SOTON	28	112	Indoor, Background	Time
Gait Challenge	122	1870	Outdoor	Time, Viewpoint, Surface, Shoe, Carrying condition

продуктивність можна оцінити. Ця база даних також забезпечує спільну основу для порівняння продуктивності різних алгоритмів під однакові умови.

Остання версія бази даних Nov-2001 складається з послідовностей із 122 предметів. Дані були записані за допомогою двох цифрових відеокамер miniDV підслідні ходили еліптично. Пізніше дані були перекодовані з DV на 24-розрядний RGB із файлом 720 x 480 сторінок на хвилину на кадр. Довжина відео – близько 200 кадрів. На малюнку 3.11 показано кілька прикладів відеокадрів із бази даних GC. Загальна сума розмір бази даних відео ходи становить близько 1,2 терабайта. Проблема складається з 12



експериментів для дослідження ефекту п'яти факторів продуктивності. Ці п'ять факторів вивчаються як окремо, так і окремо в різних комбінаціях. Також наведено базовий алгоритм, який базується на кореляція між послідовностями силуетів зонда та галереї. Таблиця 3.3 показує кількість послідовностей ходи з різними комбінаціями коваріатів, і останній стовпець дає кількість предметів, які були загальними для збору даних у травні та листопаді.

Таблиця 2.2: Набори зондів GTech

Probe Set	Recording Setup
Probe 1	All sequences except gallery sequences
Probe 2	Indoor angle 0
Probe 3	Indoor angle side near
Probe 4	Indoor angle side far
Probe 5	Outdoor angle

Кількість набору зондів для кожного з експериментів із викликом ходи наведено в табл. 3.4 для травневих і листопадових наборів даних. Символи, що використовуються в таблицях, пояснюються наступним чином:

Тип поверхні: G для трави та C для бетону

Камера: R для правої та L для лівої

Тип взуття: A або B

Портфель: NB для відсутності портфеля та BF для носіння портфеля

Час отримання: M для травня та N для листопада

У експериментальному аналізі використовується версія бази даних від травня 2021 року. Таблиця 2.5 показує деталі галереї та зондів для експериментів A–G. Рисунок 2.12 показує деякі приклади силуетів із бази даних GC.

### 2.6.2 Нормалізація вектора ознак

Динамічний діапазон кожного компонента у векторі ознак різний, оскільки кожен позначає іншу фізичну величину. Компоненти вектора ознак мають вищі значення затьмарять компоненти з нижчими значеннями в обчисленні подібності. Тому ознаки нормалізуються перед застосуванням міри подібності. Процес нормалізації гарантує, що кожен компонент функції має однакові акценти.

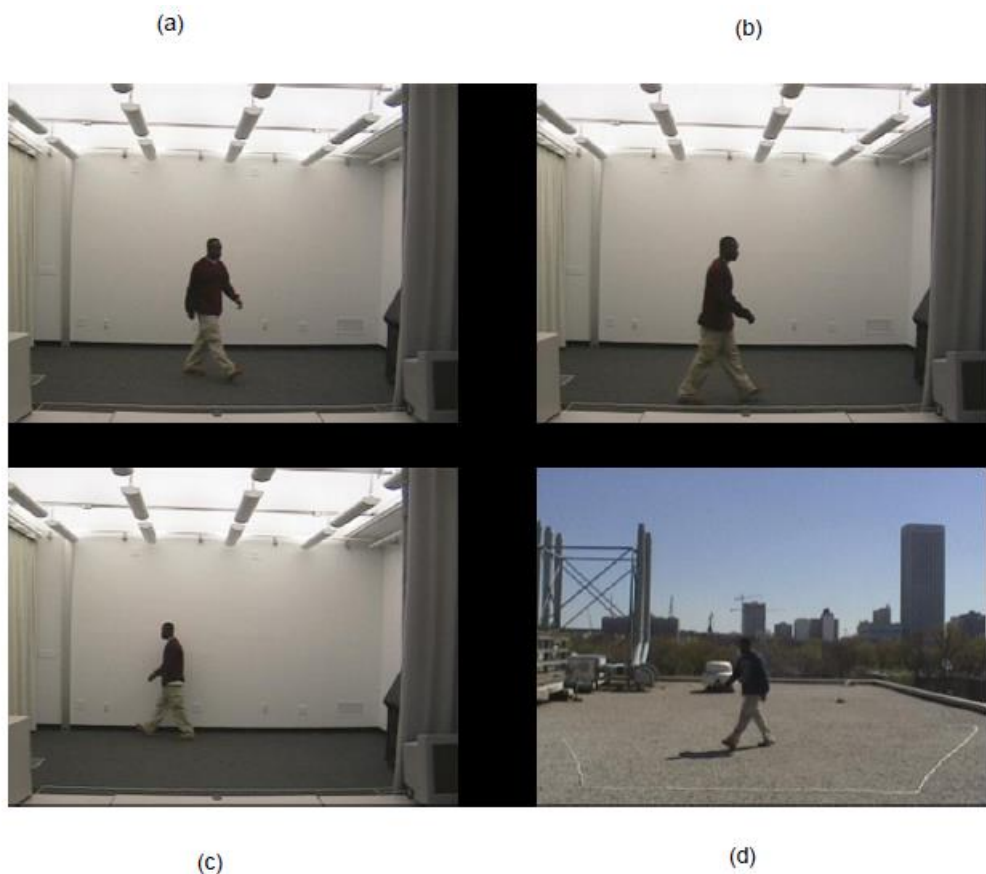


Рисунок 3.9: Приклад кадрів відео з бази даних GTech (a) Внутрішній кут (b) Внутрішня сторона ближній кут (c) Внутрішній бік дальній кут (d) Зовнішній кут

Нехай  $V$  — послідовність значень, що нормалізуються. Тоді послідовність можна нормалізувати до  $[0; 1]$ , застосовуючи рівняння 2.9 [70]:

$$V_i = \frac{V_i - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (2.9)$$

де  $V_{min}$  і  $V_{max}$  мінімальне і максимальне значення послідовності і  $t$  являє собою елемент послідовності. Ця процедура нормалізації дуже проста, але це не дає бажаних результатів. Для прикладу розглянемо послідовність значень [1:4; 1:8; 2:7; 2:3; 200]. Використовуючи наведену вище нормалізацію, більшість [0; 1] діапазон буде приймається однією величиною 200. Інші значення [1:4; 1:8; 2:7; 2:3] буде загорнуто з дуже малим діапазоном.



Рисунок 2.10: Приклади силуетів із бази даних GTech

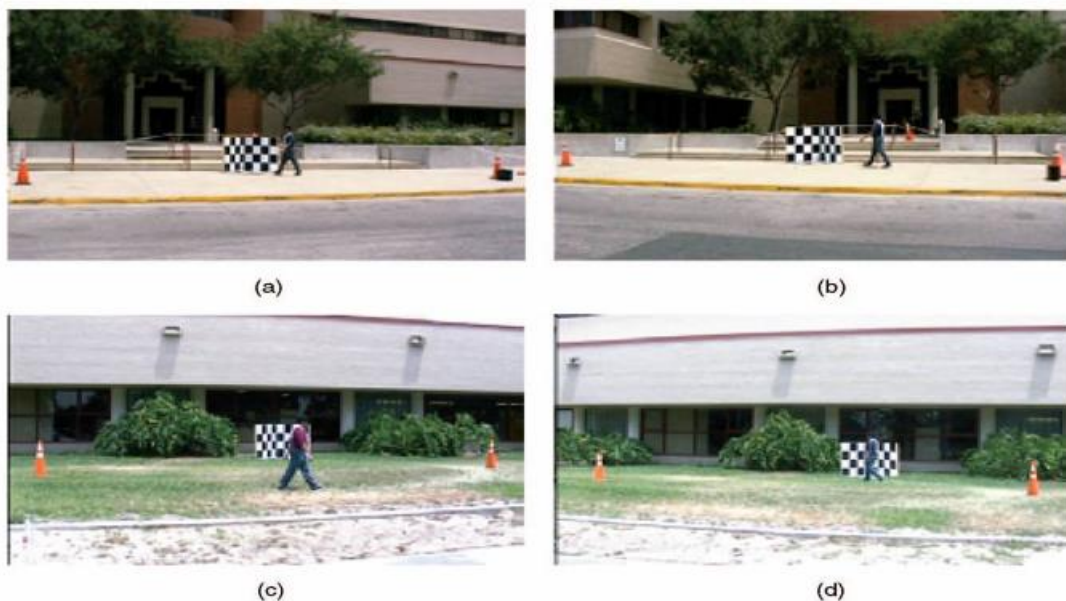


Рисунок 2.11: Приклад кадрів відео з бази даних GC (a,b) Бетонна поверхня  
(b,c) Трава поверхні

Кращий спосіб нормалізувати послідовність - вважати її існуючою породжений розподілом Гауса. У цій процедурі ми обчислюємо середнє значення і стандартне відхилення послідовності. Потім послідовності нормалізується рівнянням 2.10 [70]:

$$V_i = \frac{V_i - \mu}{\sigma} \quad (2.10)$$

Ця процедура відображає більшість значень послідовності ознак  $V$  in  $[-1; 1]$  діапазон. Перевага цієї нормалізації полягає в тому, що в послідовності зустрічаються кілька аномальних значень не буде упереджувати важливість інших цінностей. Ми використовуємо цю техніку нормалізації, щоб нормалізувати вектори ознак.

Таблиця 2.3: Кількість послідовностей для кожної можливої комбінації

Surface	Carry	Shoe	Camera	Time	Common
M or N					
Concrete	NB	A	(L,R)	121	33
	NB	B	(L,R)	60	
	BF	A	(L,R)	121	
	BF	B	(L,R)	60	
Grass	NB	A	(L,R)	122	33
	NB	B	(L,R)	54	
	BF	A	(L,R)	120	
	BF	B	(L,R)	60	



Рисунок 3.12: Приклади силуетів із бази даних GC

### 2.6.3 Відповідність ознак

Ми використовуємо підхід найближчого сусідства для класифікації ходи. Критерій подібності є дуже критичним у цьому підході. Метрична відстань між векторами ознак зонд і послідовності силуетів галереї зазвичай використовуються для вимірювання подібності.

Відстань у формі Мінковського визначається на основі норми  $L_p$  [71]:

$$L_p(\mathbf{p}, \mathbf{g}) = \left( \sum_{i=0}^{N-1} |p_i - g_i|^p \right)^{\frac{1}{p}} = \|\mathbf{p} - \mathbf{g}\|_p \quad (2.11)$$

де  $\mathbf{p}$  і  $\mathbf{g}$  — вектори розмірності  $N$ , а  $p_i$  і  $g_i$  — їх  $i$ -ті компоненти відповідно.

Наведене вище рівняння є загальною формою метрики відстані. Якщо  $p = 1$ , тоді відстань відома, визначена таким чином:

$$L_1(\mathbf{p}, \mathbf{g}) = \sum_{i=0}^{N-1} |p_i - g_i| = \|\mathbf{p} - \mathbf{g}\|_1 \quad (2.12)$$

Інша відома метрика відстані — це Евклідова або норма  $L_2$ , визначена, коли  $p = 2$ :

$$L_2(\mathbf{p}, \mathbf{g}) = \left( \sum_{i=0}^{N-1} |p_i - g_i|^2 \right)^{\frac{1}{2}} = \|\mathbf{p} - \mathbf{g}\|_2 \quad (2.13)$$

Таблиця 2.4: Набір зондів для кожного з експериментів з проблемою ходи

Experiment	Probe	# of	Difference
A	(G, A, L, NB, M/N)	122	View
B	(G, B, R, NB, M/N)	54	Shoe
C	(G, B, L, NB, M/N)	54	Shoes, View
D	(C, A, R, NB, M/N)	121	Surface
E	(G, B, R, NB, M/N)	60	Surface, Shoe
F	(C, A, L, NB, M/N)	121	Surface, view
G	(C, B, L, NB, M/N)	60	Surface, Shoe, View
H	(G, A, R, BF, M/N)	120	Briefcase
I	(G, B, R, BF, M/N)	60	Shoe, Briefcase
J	(G, A, L, BF, M/N)	120	View Briefcase
K	(G, A/B, R, NB, N)	33	Time, Shoe, Clothing
L	(C, A/B, R, NB, N)	33	Surface, Time, Shoe, Clothing

Евклідова відстань і відстань від міста вимірюють лише різницю в довжині двох вектори. У деяких випадках кут між векторами може бути більш значущим для цілей подібності. Косинусна відстань вимірює різницю в напрямках двох векторів незалежно від їх довжини. Косинусна відстань визначається у рівнянні 2.14 [71]:

$$d_{\cos}(\mathbf{p}, \mathbf{g}) = \frac{\mathbf{p}^T \mathbf{g}}{\|\mathbf{p}\|_2 \cdot \|\mathbf{g}\|_2} \quad (2.14)$$

де  $\mathbf{p}^T$  — транспонування вектора  $\mathbf{p}$ . Ми бачимо, що це дуже схоже на коефіцієнт кореляції. У наступній експериментальній оцінці ми використали місто-вимірювання відстані блоку. Відбір базується на емпіричному аналізі.

Таблиця 2.5: Набір зондів для експериментів із викликом ходи A–G

Experiment	Probe	# of	Difference
Gallery	(G, A, R)	71	
A	(G, A, L)	71	View
B	(G, B, R)	41	Shoe
C	(G, B, L)	41	Shoes, View
D	(C, A, R)	70	Surface
E	(G, B, R)	44	Surface, Shoe
F	(C, A, L)	70	Surface, view
G	(C, B, L)	44	Surface, Shoe, View

#### 2.6.4 Порівняльна продуктивність динамічних функцій

Послідовності силуетів обробляються кадр за кадром для виділення динамічної ходи особливості. Рамки силуетів спочатку обробляються медіанною фільтрацією, щоб зменшити викиди. Ми також оцінюємо період ходи за авто кореляційною функцією області силуету сигнал. Швидкість нормалізується шляхом забезпечення однакової кількості кадрів у кожному циклі ходи усі послідовності силуетів. Сигнали шести областей виділяються та застосовується алгоритм EMD щоб зменшити шум. Коефіцієнти DCT авто кореляційних функцій шести реконструйованих обчислюються сигнали області. Ми використовуємо перші 35 коефіцієнтів DCT як особливості ходи для База даних GC, тоді як для бази даних GTech використовуються лише перші 6 коефіцієнтів. Кількість коефіцієнтів DCT було обрано емпірично для досягнення найкращої продуктивності розпізнавання.

Вектори ознак нормалізуються за допомогою процедури, наведеної в розділі 2.6.2. CMS значення використовуються для оцінки ефективності різних динамічних особливостей ходи. Кожна з ознак послідовності зонду

порівнюється з ознаками послідовностей галереї. Набір послідовностей галереї сортується відповідно до подібності до послідовностей зонду. Ми використовуємо підхід до найближчого району в поєднанні з вимірюванням відстані кварталу міста.

Таблиця 2.6: Порівняння функцій рангу 1 і рангу 5 для бази даних GC

Area Signal	Rank 1 (%)	Rank 5 (%)
$a_1$	53.52	94.37
$a_2$	53.52	92.96
$a_3$	78.87	100
$a_4$	73.24	98.59
$a_5$	73.24	98.59
$a_6$	97.18	100

У таблиці 2.6 наведено оцінку ефективності характеристик, отриманих із шести областей сигнали рангу 1 і рангу 5 для бази даних GC. Ми використовуємо експеримент А для аналізу потенціалу розпізнавання динамічних рис, виділених з різних частин силуетів.

Експеримент А обрано з наступних причин:

- Галерея, і набір зондів А містять усі 71 предмет
- Вони записані в подібних умовах, за винятком іншої точки зору. Це усуває вплив інших коваріантів, які можуть спотворити результати. За цими результатами видно, що найкраща продуктивність 97,18% досягається з особливості, отримані з  $a_6$ . Цей сигнал зони відображає динаміку гомілки під час рух ходи. Другі за значущістю результати 78,87% досягнуті з  $a_3$ , який представляє динаміку нижньої частини руки. Ми досягли ефективності



розпізнавання 73,24% як для форматів А4, так і для А5. Так само продуктивність розпізнавання рангу 1 для  $a_1$  і  $a_2$  характеристики також однакові на 53,52%. Результати рангу 1 показують, що рух стегна і рухи колін однаково важливі для розпізнавання ходи. Проте продуктивність стегон і колін трохи нижче, ніж елементи, витягнуті з нижньої частини динаміка рук. Подібна модель результатів отримана в ранзі 5, як показано в таблиці 2.6. У випадку 5 рангу, Функції  $a_6$  і  $a_3$  забезпечують найкращу ефективність розпізнавання 100%. Визнання відсоток елементів форматів А4 і А5 трохи нижчий і становить 98,59%. Найнижча продуктивність 92,96% отримано з ознак  $a_2$ . Ефективність розпізнавання ознак  $a_1$  трохи вища порівняно з набором функцій  $a_2$  на 94,37%. На рисунку 2.13 показано графік СМС для характеристик DST шість площ. Ефективність розпізнавання динамічних ознак, виділених з  $a_3$  та  $a_6$  перевершує інші набори функцій. Ці результати частково підтверджують традиційне уявлення значення динаміки ніг у розпізнаванні ходи. Також спостерігається динаміка нижньої частини руки дуже важливий для визначення моделі ходи людей у налаштуваннях на основі зовнішнього вигляду.

Таблиця 3.7: Порівняння функцій рангу 1 і рангу 5 для бази даних GTech

Area Signal	Rank 1 (%)	Rank 5 (%)
$a_1$	47.73	84.1
$a_2$	46.6	81.82
$a_3$	40.91	64.77
$a_4$	38.64	61.36
$a_5$	38.64	62.5
$a_6$	37.5	72.73

Результати для бази даних GTech наведено в таблиці 2.7. Ми використовуємо Зонд 2 до оцінити характеристики шести сигналів зони через те, що Галерея та Послідовності зонда 2 були записані в приміщенні. Ракурс для Галереї та Зонда 2 послідовності також однакові. Як згадувалося раніше, це дозволяє нам спостерігати за розпізнаванням виконання динамічних функцій, витягнутих з різних частин силуетів без зміщення інших коваріат. Результати розпізнавання для бази даних GTech відрізняються від GC бази даних, і найкраща продуктивність досягається для функцій, отриманих з  $a_1$ . Продуктивність функцій, витягнутих з руху ніг, є найнижчою. Витягнуті функції з  $a_1$  і  $a_2$  працюють майже еквівалентно, даючи рівень розпізнавання 47,73% і 46,6% відповідно на ранзі 1. Подібним чином рівень розпізнавання для  $a_1$  і  $a_2$  характерний для 5 ранг становить 84,1% і 81,2% відповідно.

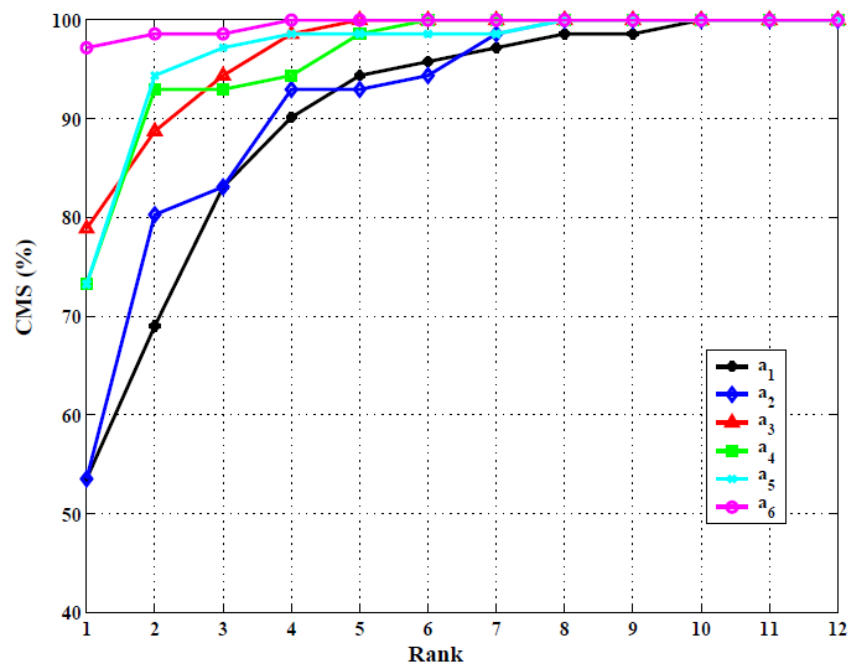


Рисунок 2.13: СМС із шести функцій на основі області для бази даних GC

Продуктивність функцій аб рангу 1 незначна вище, ніж характеристики, отримані з  $a_5$ . Тим не менш, продуктивність функцій 5 рангу на 10,23% більше,

ніж на  $a_5$ . Ці результати свідчать що динамічні риси витягнуті з верхньої частини руки та плечей силуетів володіє найбільшою потужністю для бази даних GTech. Причина різниці у спостереженні між базами даних GC і GTech лежить природа силуетів. Якість силуетів краща у випадку бази даних GC. Силуети від GTech у базі даних є більше отворів і відсутніх частин у гомілці та навколо точок коліна.

Ця відсутня інформація погіршує якість функцій, що призводить до нижчого розпізнавання виконання динамічних функцій, виділених із нижньої половини силуетів. СМС

Діаграма, показана в 2.14, також встановлює перевагу ознак, виділених з  $a_1$  і  $a_2$ .

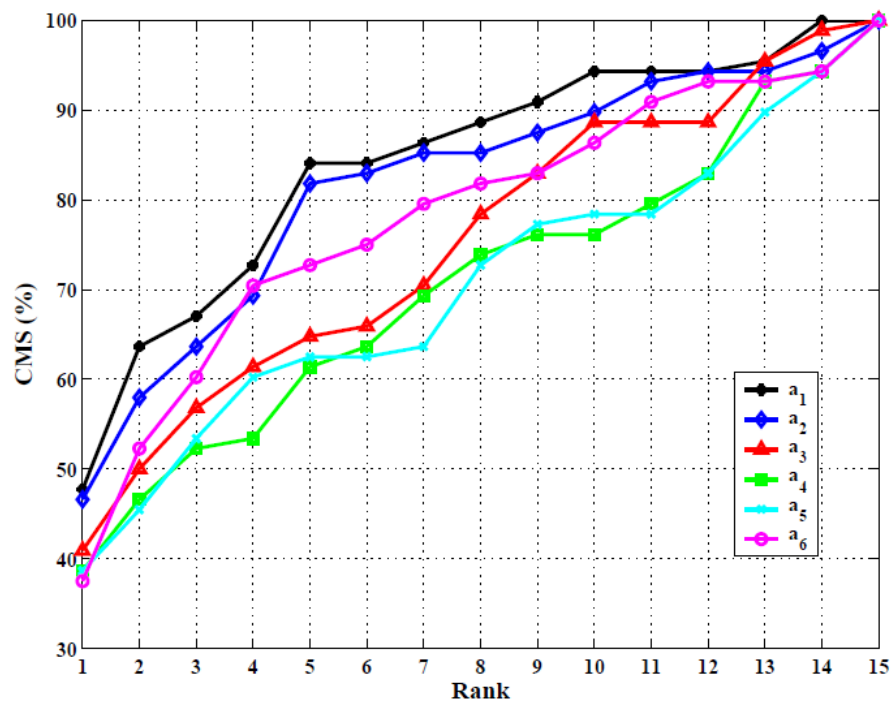


Рисунок 3.14: СМС із шести функцій на основі області для бази даних GTech

## 2.7 Висновки до 2 розділу

У цьому розділі ми надали короткий огляд репрезентативних робіт із розпізнавання ходи на основі моделі та зовнішності. Вичерпний огляд методів розпізнавання ходи. Проблеми та проблеми в обробці сигналів розпізнавання ходи були систематично описані в Boulgouris et. al. Слід зазначити, що в деяких випадках простіші методи дають набагато кращі результати, ніж ті, що досягаються за допомогою багатьох складних і витончених методів. Винуватцями завжди вважалися якість даних і шум відповідальність за помилки та низьку ефективність. Цікаво відзначити, що в одному детальному дослідженні було виявлено, що результати розпізнавання фактично впали, коли використовувалися чіткіші силуети. Це може бути результатом інших змінних, що впливають на продуктивність системи. Повідомлялося про суперечливі результати щодо важливості динамічних і статичних ознак у розпізнаванні ходи. Це свідчить про надійність техніки на базі даних. База даних GC частково вирішила цю проблему, надавши стандартний набір даних і набір визначених експериментів для спільної системи порівняння. Порівняння динамічних функцій не було виконано явно в налаштуваннях на основі зовнішнього вигляду. У наступному розділі ми проллємо світло на продуктивність динамічних функцій, отриманих з різних частин бінарних силуетів.

### 3. АНАЛІЗ МЕТОДУ РОЗПІЗНАВАННЯ ХОДИ ДАНИХ КОРИСТУВАЧА

#### 3.1 Обробка силуету користувача

Якість силуетів дуже важлива а аналізі методу, оскільки вона базується на зовнішності. Тому, щоб надійно зафіксувати динаміку руху ходи, необхідно покращити якість силуетів. Попередня обробка виконується в два етапи. На першому кроці застосовується медіанна фільтрація, щоб позбутися викидів із силуетів. Другий крок передбачає застосування морфологічної обробки зображення для згладжування країв і з'єднання зламаних ніг. Обидва етапи попередньої обробки пояснюються нижче. Ми використовуємо медіанну фільтрацію з маскою розміром 5x5, щоб фільтрувати силуети, щоб позбутися викидів. Вихідні дані від медіанного фільтра перетворюються на бінаризацію простим пороговим значенням для отримання згладжених силуетів.



Рис. 3.1 Силуети після медіанної фільтрації

Після медіанної фільтрації ми застосовуємо операцію морфологічного закриття, щоб злити вузькі проміжки та згладити контури силуетів. Морфологічна операція закриття визначається наступним чином:

$$\dot{B} = B \bullet S = (B \oplus S) \ominus S \quad (3.1)$$

де  $B$  — двійковий силует перед операцією закриття, а  $'B$  — двійковий силует після операції закриття.  $S$  є матрицею 0 і 1 і називається структурним елементом.  $\oplus$  та  $\ominus$  представляють операції морфологічного розширення та ерозії відповідно.

Операції розширення та ерозії визначаються наступним чином:

$$(B \oplus S) = \{z | [(S)_z \cap B] \subseteq B\} \quad (3.2)$$

$$(B \ominus S) = \{z | (S)_z \subseteq B\} \quad (3.3)$$

$$\hat{S} = \{w | w = -s, \text{ for } s \in S\} \quad (3.4)$$

де  $\cap$  і  $\subseteq$  означають перетин і підмножину відповідно, а  $z$  є елементом  $Z^2$  або 2D цілочисельний простір.  $\hat{S}$  — множина відбиття  $S$ . На рисунку 3.2 показано результати замикання операція над одним із силуетів із бази даних. Хоча операція видаляє нижню частину ніг, але це видалення не впливає на виділення особливостей ходи процес. Причина в тому, що ми використовуємо дві маски області шириною 15 пікселів кожна у верхній частині гомілково-плечову частину для вилучення динаміки ходи. Область розміщення маски вирішується за результатами порівняльного аналізу.



Рис. 3.2 Операція над одним із силуетів із бази даних

### 3.2 Обробка даних

Послідовності силуетів обробляються кадр за кадром для виділення особливостей ходи. Відеоряди в базі даних GTech були записані стаціонарною камерою. Відстань між камерою та об'єктами змінюється під час ходьби. Тому положення і висота силуетів у кадрах також змінюються в силуетній послідовності. Силуети відцентровані в кожному кадрі послідовності силуетів, а також масштабовані до однакової висоти зі збереженням співвідношення сторін. Швидкість ходьби суб'єктів також різна в різних силуетних послідовностях. Тому період ходи не є постійним у послідовності ходи. Ця зміна періоду ходи вплине на обчислення характеристик на основі кореляції через їх залежність від частоти сигналів області. Нормалізація швидкості проводиться для нейтралізації впливу швидкості ходьби на особливості ходи. Це досягається шляхом забезпечення однакової кількості кадрів у кожному циклі ходи для всіх послідовностей силуетів. Для нормалізації швидкості необхідна оцінка періоду ходи. Шум у сигналі зони робить розрахунок періоду ходи неоднозначним. Ми оцінюємо період ходи за автокореляційною функцією сигналу ділянки силуету. Період ходи визначається як  $2T$ , де  $T$  є найменшим часовим лагом, відмінним від  $l = 0$ , що відповідає локальним максимумам автокореляційної функції  $R_a[l]$ . На рисунках 3.3 і 3.4 показано типову функцію площі силуету та відповідну їй функцію автокореляції відповідно. З цих рисунків зрозуміло, що обчислення періоду ходи легше з  $R_a[l]$  порівняно з оригінальним шумовим сигналом області.

Рух верхньої частини ноги та плеча фіксується шляхом розміщення двох масок зони шириною 15 пікселів на відповідних частинах бінарних силуетів. Обчислюється кількість пікселів бінарних силуетів під цими двома масками. Процес повторюється для кожного бінарного силуету в послідовності ходи, і ми отримуємо два сигнали площі довжиною  $N$ , де  $N$  є кількістю кадрів у послідовності ходи.

$$b[i, j] = \begin{cases} 1 & \text{if піксель } [i, j] \text{ належить до переднього плану} \\ 0 & \text{інакше} \end{cases} \quad (3.5)$$

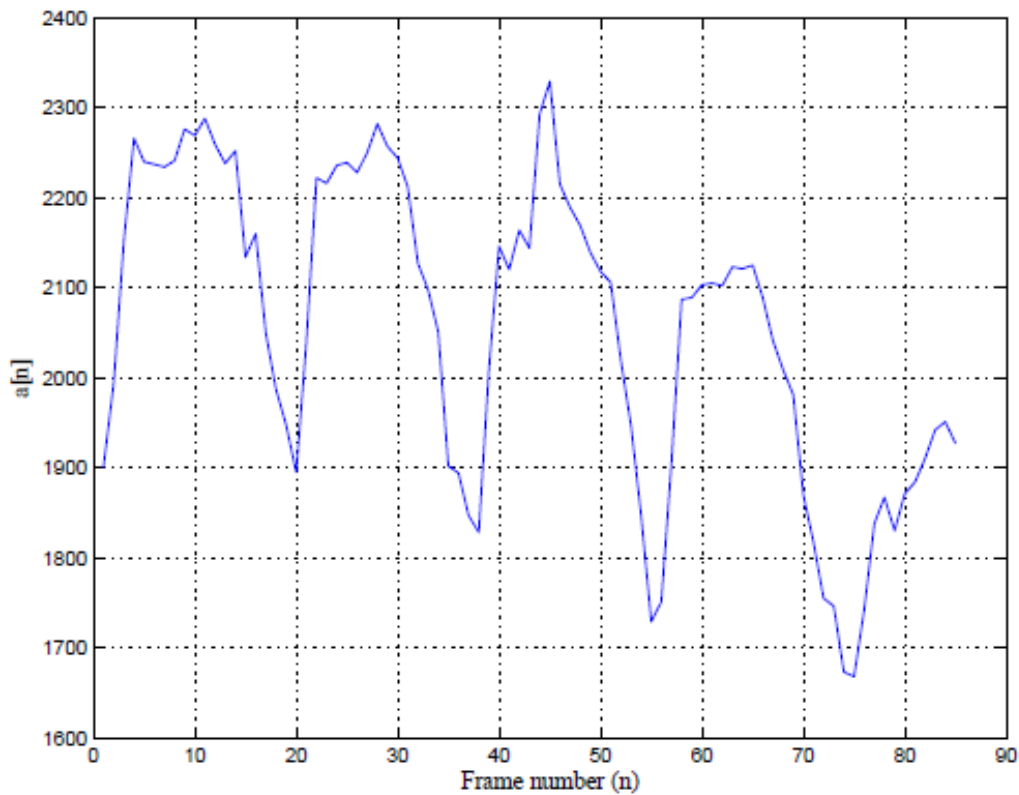


Рис. 3.4 Сигнал зони силуету

$$m_1[i, j] = \begin{cases} 1 & \text{if } J_1 \leq j < J_1 + 15 \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3.6)$$

$$m_2[i, j] = \begin{cases} 1 & \text{if } J_2 \leq j < J_2 + 15 \\ 0 & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3.7)$$

$m_1$  і  $m_2$  — дві маски області, а  $J_1$  і  $J_2$  — початкові значення Y-координати



для двох зональних масок.  $J_1$  і  $J_2$  вибираються таким чином, щоб розмістити маски на гомілці та плечі силуетів. Тепер дві функції площі  $a_1$  і  $a_2$  задані як:

$$a_1[n] = \sum_{i,j} b_n[i,j]m_1[i,j] \quad (3.8)$$

$$a_2[n] = \sum_{i,j} b_n[i,j]m_2[i,j] \quad (3.9)$$

де  $n$  – номер кадру.

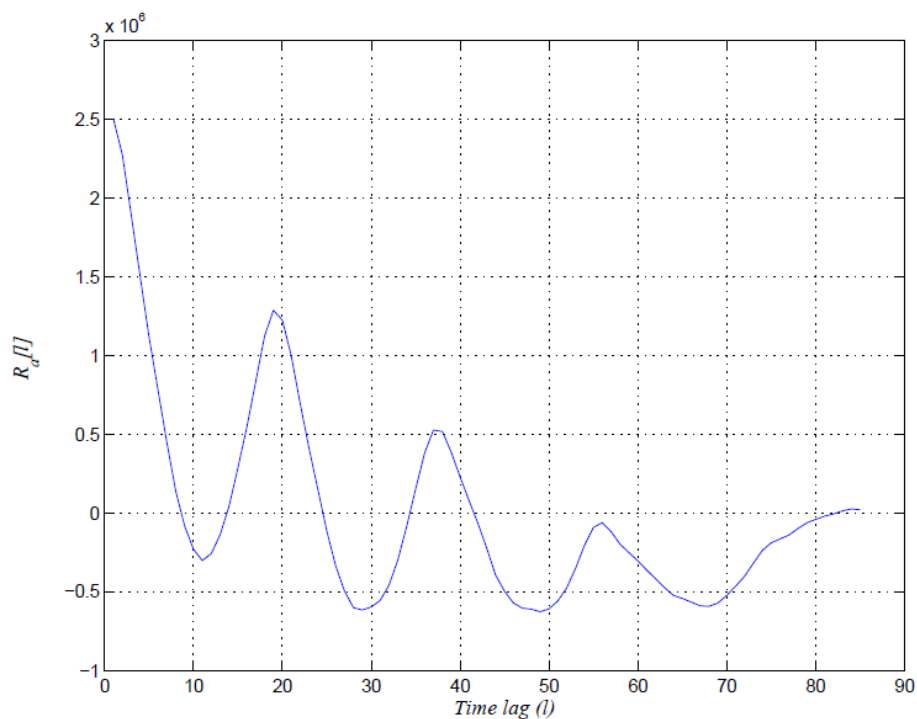


Рис. 3.6 Автокореляція сигналу площі силуету

Наступним кроком є обчислення обох 2-х. і 3-й. порядок автокореляційних функцій двох площинних сигналів. Беремо 1-D діагональний зріз 3-го. порядок автокореляційної функції. 2-й. автокореляція

порядку,  $R_{ap}[l]$ , обчислюється за рівнянням 2.6. 1-D діагональний зріз 3-го. автокореляція порядку,  $'R_{ap}[l]$ , сигналів площі обчислюється таким чином:

$$\hat{R}_{ap}[l] = \sum_n a(n)a^2[n+l] \quad (3.10)$$

Сигнатури ходи потім виводяться за допомогою DCT,  $Tr[k]$ , автокореляційних функцій, визначених рівняннями 2.7 і 2.8 у розділі 2.5. Середнє значення та стандартне відхилення двох функцій площі також використовуються як характеристики ходи.

*Особливості дескриптора Фур'є.* Форма силуету змінюється протягом циклу ходи. Зміни форми під час циклу ходи можна обчислити за допомогою граничного дескриптора, такого як FD. FD є інваріантним до масштабу, обертання та трансляції та стійкий за наявності шуму. Функції на основі FD були успішно використані для цілей розпізнавання ходи.

Межа силуету може бути представлена цифровим способом за допомогою  $N$  точок,  $(x[n]; y[n])$ , для  $n = \{0; 1; \dots; N-1\}$ , де  $N$  – довжина межі. Ці граничні точки можна представити в термінах комплексних чисел, розглядаючи зображення як комплексну площину. Вісь  $X$  представляє реальну вісь, а вісь  $Y$  – уявну вісь. Комплексна координатна функція  $z[n] = x[n] + jy[n]$  виражає граничні точки як одновимірний сигнал.

Щоб обчислити сигнатуру ходи на основі FD, ми спочатку знаходимо центроїд  $(x_c; y_c)$  кожного силуету в послідовності ходи. Відстань контуру центроїда (CCD) визначається таким чином:

$$r[n] = \sqrt{(x[n] - x_c)^2 + (y[n] - y_c)^2} \quad (3.11)$$

Ми беремо перетворення Фур'є CCD ( $r[n]$ ), як визначено рівнянням 3.12. Дискретне перетворення Фур'є (DFT)  $r[n]$  обчислюється, як наведено нижче:

$$r[k] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} r[n] e^{-j2\pi kn/N} \quad (3.12)$$

для  $k = \{0; 1; \dots; K\}$ . Коефіцієнти Фур'є тісно пов'язані з FD. Глобальна форма фіксується кількома першими низькочастотними елементами в модифікованих FD, тоді як FD з більшою частотою визначають деталі форми.

Перевагою використання CCD є інваріантність обертання та трансляції. Спектра Фур'є CCD більше зосереджені навколо початку полярного простору. Це також бажана характеристика, оскільки кілька FD можуть ефективно описати форму. Однак FD CCD не є інваріантом масштабу, який необхідний для сигнатури ходи. Масштабна інваріантність досягається шляхом ділення всіх FD на DC компонент.

Компонент постійного струму ігнорується і не використовується як характеристика ходи, оскільки нас цікавить динаміка зміни форми. Зміни у формі силуетів під час циклу ходи вбудовані в FD на різних частотах. Ми беремо середнє часове значення та стандартне відхилення FD різних частот і використовуємо їх як ознаки ходи. Межа кожного силуету в послідовності ходи представлена однаковою кількістю точок, щоб отримати FD на однакових частотах.

### 3.3 Експериментальна оцінка силуета користувача

У цьому розділі представлено результати експериментальної оцінки з використанням бази даних GTech, детально описаної в розділі 3.3.1. Ми проводимо експерименти, використовуючи різні комбінації 3 типів

особливостей ходи, щоб емпірично вибрати найкращу комбінацію з точки зору ефективності розпізнавання. Ефективність цього комбінованого набору функцій ходи потім порівнюється з іншими сучасними техніками. П'ять наборів зондів, використаних у цій експериментальній оцінці, перераховані в таблиці 3.2.

Автокореляція функції відстані оцінюється лише для позитивних лагів. 2-й. автокореляція порядку розраховується для 40 лагів, тоді як 1-D діагональний зріз 3-го. автокореляція порядку розраховується для перших 20 лагів. Це пов'язано з короткою довжиною сигналу зони, і оцінки будуть шумними для більших затримок. Потім ми беремо 64-точкову DST 4 автокореляційних і 2 крос-кореляційних функцій для обчислення кореляційних ознак (CF). Середнє значення та стандартне відхилення сигналів площі утворюють вектор параметра відстані (DF) розмірності 4. Межа силуетів обчислюється за допомогою алгоритму виявлення краю Canny. Крайовий детектор Canny використовує згортку Гауса для згладжування зображення на першому кроці, щоб максимізувати співвідношення сигнал/шум. Він забезпечує хорошу локалізацію для точного позначення ребер за допомогою двовимірного оператора першої похідної. Краї створюють виступи на зображенні величини градієнта. Потім алгоритм мінімізує кількість відповідей на один край шляхом відстеження вздовж цих областей і придушення будь-якого пікселя, який не є максимальним. Масив градієнта зменшується гістерезисом. Для гістерезису використовуються два пороги, і якщо величина нижче першого порогу, вона стає неграничною, встановлюючи її на нуль. Якщо величина перевищує вищий поріг, це робиться краєм. І якщо величина знаходиться між 2 пороговими значеннями, тоді вона встановлюється на нуль, якщо немає шляху від цього пікселя до пікселя з градієнтом вище вищого порогу. Потім зображення перетворюється на бінарне зображення. Для кожного силуету в двійковій послідовності ходи межа представлена в термінах CCD, а потім береться 256 точок DFT CCD. Потім ми

вибираємо перші 129 FD, оскільки CCD дійсної послідовності є симетричним. Потім ми нормалізуємо їх, поділивши на компонент постійного струму. Компонент постійного струму нормується шляхом ділення його на площу силуету. Ми беремо середнє значення та стандартне відхилення FD на відповідних частотах, щоб використовувати їх як особливості ходи. 3 типи особливостей ходи мають різні динамічні діапазони та нормалізуються.

Табл. 3.1 Результати розпізнавання зонда 1

Feature Type	No. of Features	Rank 1 (%)	Rank 5 (%)
2nd. order CF + DF	77	52.61	84.33
3rd. order CF + DF	77	33.21	51.5
FD + DF	38	49.63	71.64
2nd. order CF + DF + FD	115	66.05	82.84
Baseline [32]	silhouettes	24.25	50.37
Mass Vector [72]	128 x $N$	73.51	92.16

У таблиці 3.1 узагальнено результати розпізнавання, отримані за допомогою різних комбінацій CF, FD і DF для зонда 1. Зонд 1 складається з усіх послідовностей силуетів у базі даних GTech, крім послідовностей галереї. Помічено, що продуктивність 2-го. особливості кореляції порядку перевершують характеристики FD на 2,98% у ранзі 1 та на 12,69% у ранзі 5. Ці результати вказують на те, що кореляція динаміки верхньої частини ноги та плеча є важливою новою ознакою ходи, яку можна комбінувати з іншими ознаками для досягнення кращого результату розпізнавання. Далі

зазначається, що 3-й. порядкова кореляція сигналів зони працює погано, і її продуктивність найнижча порівняно з продуктивністю FD і 2nd. замовлення CF. Виступ 3-го. функції порядкової кореляції на 19,94% нижче в ранзі 1 і на 32,83% нижче в ранзі 5 порівняно з 2-м. замовлення CF. Коли ми об'єднуємо функції CF і FD 2-го порядку з двома статистичними даними площі, отримуємо значення CMS 66,05% і 82,84% у ранзі 1 і 5 відповідно.

Табл. 3.2 Результати розпізнавання зонда 3

Feature Type	No. of Features	Rank 1 (%)	Rank 5 (%)
2nd. order CF + DF + FD	115	77.78	93.33
Baseline	silhouettes	22.22	42.22
Mass Vector	128 x $N$	97.78	100
GTech method [68]	4	50	100

Алгоритм Baseline використовувався як еталон для порівняння продуктивності в останніх роботах з розпізнавання ходи. Ефективність нашого методу набагато вища, ніж у базового алгоритму. Алгоритм Baseline дуже погано працює в базі даних GTech. Продуктивність запропонованого набору функцій на 41,4% вища за ранг 1 і на 32,47% вища за ранг 5, ніж базовий алгоритм. Проте підхід вектора маси, про який повідомляється в, працює трохи краще, ніж наш метод як у рангу 1, так і в ранзі 5. Розмірність вектора ознаки ходи нижча в нашій методиці, яка становить 115 порівняно з  $128 \times N$  для методу вектора маси. Тут  $N$  означає кількість кадрів в силуетній послідовності. Ми підсумовуємо значення CMS для зонда 3 у таблиці 3.2. Результати показують, що метод CF досягає значного покращення

продуктивності розпізнавання порівняно з базовим алгоритмом. Ефективність на 55,56% і 51,11% вища за базову лінію на 1-му та 5-му рівнях відповідно. Наш метод також має набагато менші обчислювальні витрати на етапі розпізнавання, ніж базовий алгоритм, який використовує цілі силуети як ознаки. Продуктивність методу масового вектора перевершує наш метод як для рангу 1, так і для рангу 5.

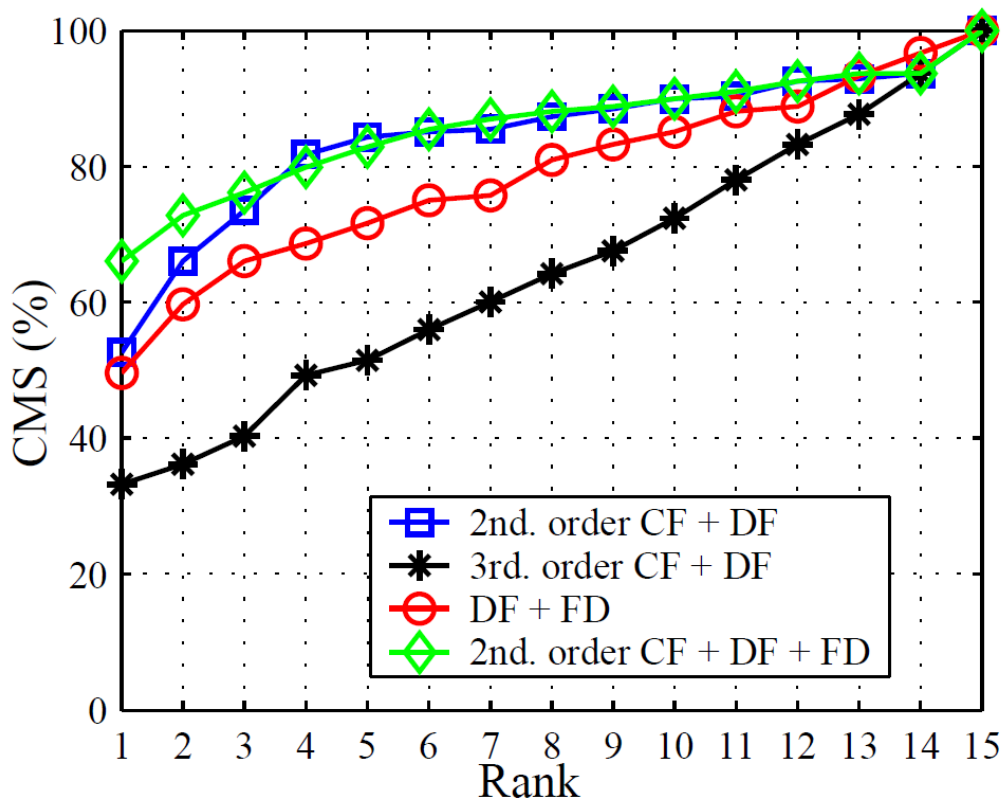


Рис. 3.6 Крива СМС для зонда 1

Ефективність першого рангу методу GTech нижча, ніж наш метод CF на 27,78%. Але в ранзі 5 метод GTech також працює краще, ніж запропонований метод. На рисунку 3.7 показана крива СМС для зонда 3.

Результати рангу 1 і рангу 5 для зонда 4 представлені в таблиці 4.3. Помічено, що в цій категорії функції GTech працюють краще, ніж CF на 8,37% у ранзі 1. Однак комбінований набір функцій CF і FD працюють краще, ніж функції GTech на 5% у ранзі 1. Продуктивність нашого методу набагато вища.

ніж базовий контрольний показник як у рангу 1, так і в рангу 5. Але метод вектора маси перевершує наш метод на основі кореляції як у рангу 1, так і в ранзі 5. Ми також відзначаємо цікавий результат цього дослідження: характеристики, засновані на кореляції, ефективніші в ранзі 5 порівняно з до комбінованого набору функцій CF і FD. Крива СМС, що показує ефективність розпізнавання для зонда 4, показана на рисунку 3.8. Зрештою, ми проводимо експерименти з розпізнавання з використанням зонда 5. Результати наведені в таблиці 3.4.

Табл. 3.3 Результати розпізнавання зонда 4

Feature Type	No. of Features	Rank 1 (%)	Rank 5 (%)
2nd. order CF + DF	77	66.67	93.33
2nd. order CF + DF + FD	115	80	80.89
Baseline	silhouettes	11.11	46.67
Mass Vector	128 x $N$	93.33	100
GTech method	4	75	100

Очевидно, що результати для цього зонда є найнижчими серед усіх методів. Це очікувано, оскільки послідовності галереї були записані в приміщенні, тоді як послідовності датчика 5 були записані на вулиці. Послідовності на відкритому повітрі страждають від різних мінливих умов, таких як фон і освітлення. Ефективність методу CF вища, ніж базовий контрольний показник, на 13,34% і 15,55% у ранзі 1 і 5 відповідно. Швидкість розпізнавання також порівнянна з двома іншими методами. Техніка вектора



маси має трохи нижчі результати, ніж наш метод, у ранзі 1 для цього зонда. З іншого боку, продуктивність 5-го рангу методу вектора маси стабільно вища, ніж у нашого методу для всіх зондів. Метод GTech працює дуже добре в цьому випадку.

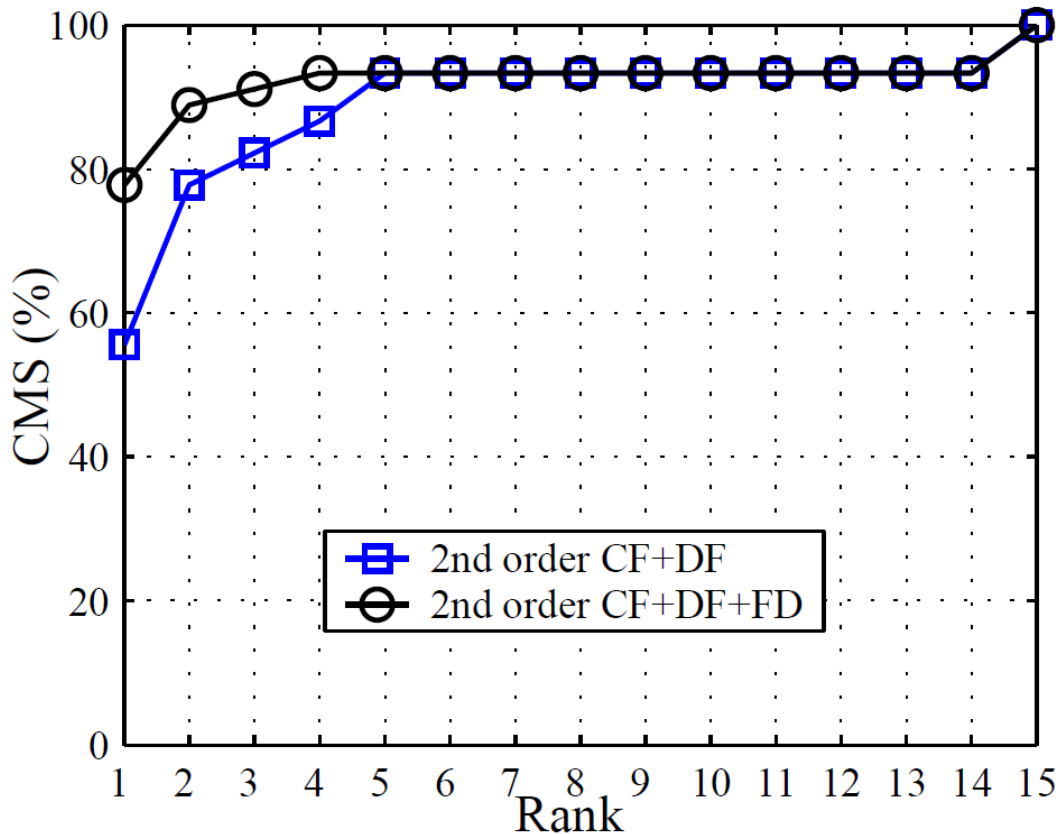


Рис. 3.7 Крива СМС для зонда 3

Це пов'язано з тим, що метод GTech заснований на моделі і, отже, менш чутливий до змінних умов порівняно з іншими методами, заснованими на зовнішньому вигляді. Крива СМС, зображена на рисунку 3.9, показує результати розпізнавання для зонда 5 у різних рангах.

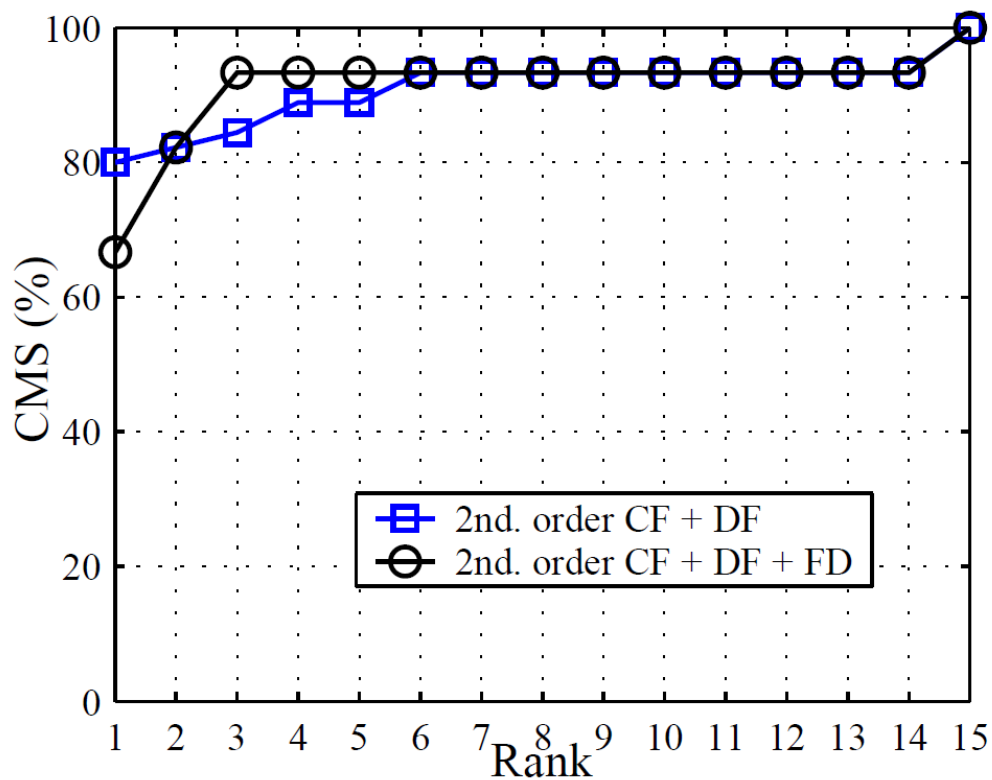


Рис. 3.8 СМС для зонда 4

Табл. 3.4 Результати розпізнавання зонда 5

Feature Type	No. of Features	Rank 1 (%)	Rank 5 (%)
2nd. order CF + DF + FD	115	27.78	63.33
Baseline	silhouettes	14.44	47.78
Mass Vector	128 x $N$	25.56	76.67
GTech method	4	38	100

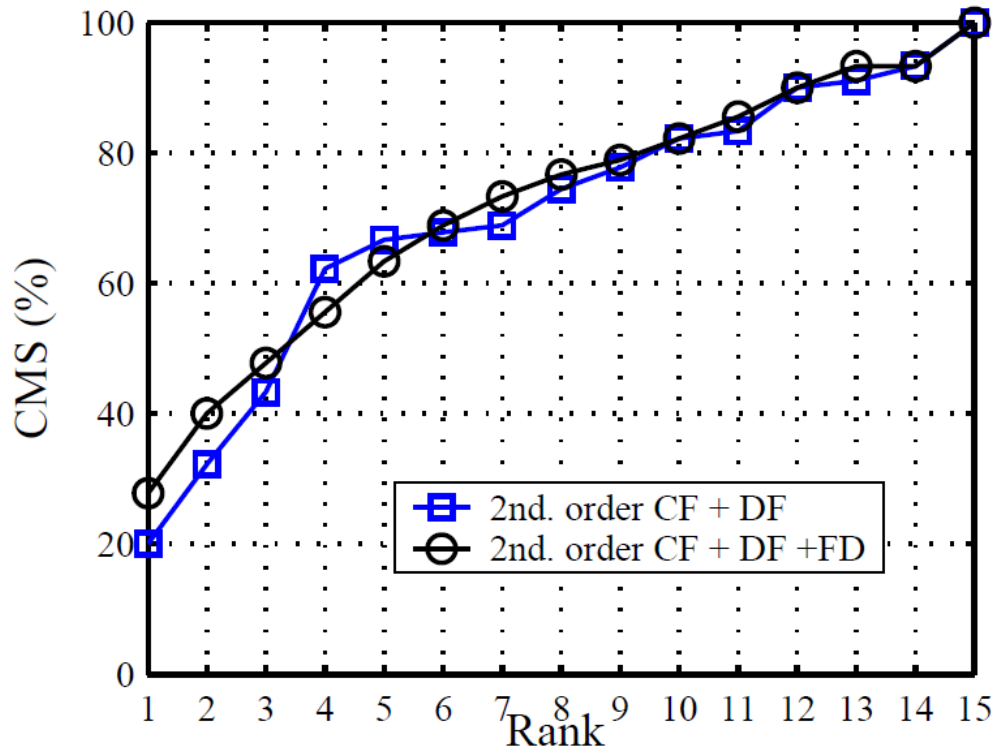


Рис. 3.8 Результати розпізнавання зонда 5

### 3.4 Висновки до 3 розділу

У цьому розділі ми представлено новий метод виділення ознак ходи з послідовностей силуетів. Метод заснований на кореляційному аналізі руху гомілки та плеча. Експериментальні оцінки показують, що сигнатури ходи, засновані на кореляції 2-го порядку, мають високу дискримінаційну здатність для розпізнавання ходи. Також представили комплексне порівняння продуктивності між різними комбінаціями особливостей ходи. Порівняльне дослідження показує, що 2-е. особливості кореляції порядку перевершують не тільки 3-й. функції на основі кореляції порядку (1-D діагональний зріз), але також перевершують FD. Наш метод досяг набагато кращої продуктивності, ніж контрольний тест базового алгоритму. Метод GTech показав набагато кращу ефективність у випадку зонда 5 або на вулиці, ніж у приміщенні. Це приводить нас до висновку, що запропонований нами метод CF більш чутливий до кута камери та умов запису, подібно до інших методів, заснованих

на зовнішньому вигляді. Крім того, спостерігається, що основним недоліком кореляційних характеристик ходи є їх висока чутливість до якості силуетів. Ця чутливість притаманна всім підходам, заснованим на зовнішності, як видно з результатів. Однак для подолання цієї проблеми можна використовувати кращі методи попередньої обробки. Ми використовуємо операцію морфологічного замикання, щоб згладити силуети, але проблема пошуку оптимального структурного елемента в цій роботі не розглядається. Також зазначається, що впровадження простого квадратного структурного елемента з 9 сусідами в деяких випадках призводить до надмірного згладжування силуетів. Інший важливий аспект, який спостерігався в наведених вище експериментах, - це залежність результатів розпізнавання від бази даних. Алгоритм Baseline не дуже добре працює в базі даних GTech, і результати його розпізнавання значно нижчі порівняно з базою даних GC.

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

### **4.1 Організація праці в комп'ютерних класах**

Знання комп'ютерної екосистеми є основною вимогою для більшості робітників сьогодні. Більшість офісних вакансій вимагають, щоб кандидати були знайомі з бек-офісним програмним забезпеченням, таким як текстові процесори, програми для роботи з електронними таблицями та хмарні програми командного рядка. Навіть для неофісної роботи може знадобитися певна комп'ютерна підготовка.

Під час занять з використанням комп'ютера в університеті (аудиторіях) активність студентів залежить від багатьох факторів навколишнього середовища, зокрема від організації робочого місця. Одним із факторів, що знижує здатність роботи є негативний вплив моніторів і комп'ютерів, є не дотримання графіків роботи.

Як свідчать дані дослідження, спостерігається висока концентрація (85-95%) використання студентами комп'ютера на заняттях особливо за технічними напрямки навчання.

Сьогодні, незважаючи на величезні і швидкі зміни в популяції комп'ютерів і постійне вдосконалення технічних характеристик ПК, їхній вплив на втому і здоров'я під час використання моніторів все ще серйозний. Тому залежно від віку студентів лікарі та психологи наголошують на обмеженні роботи перед моніторами та фізкультурних перервах.

Робота за ПК пов'язана з високим емоційним напруженням, негативними і позитивними емоціями. При цьому значне навантаження лягає на зоровий аналізатор, його регулюючі апарати і центральну нервову систему. Під час роботи за ПК студенти та працівники скаржаться на втому зору: виснаження очей, плаваюча крапка перед очима, головний біль тощо. Психофізіологічні дослідження показали, що робота за комп'ютером призводить до більш

виражених негативних змін нервової діяльності та зорових аналізаторів. Це стосується розвитку втоми та виснаження, які виникають раніше під час звичайного навчання, навіть під час перебування в одному кабінеті з усіма вимкненими комп'ютерами.

Численні спостереження та дослідження діяльності студентів під час роботи на персональному комп'ютері доводять, що безперервна робота протягом усього курсу неможлива. Студенти молодших та старших курсів в період росту і розвитку особливо чутливі до впливу несприятливих факторів навколишнього середовища, в тому числі несприятливих факторів навколишнього середовища, що виникають при використанні комп'ютера. Отже, чим молодший організм, тим більш виражена зміна його функціонального стану під впливом будь-яких негативних факторів середовища.

Робота з комп'ютером повинна проводитися в індивідуальному темпі.

Після роботи за ПК протягом певного часу слід виконати комплекс вправ для очей і після кожного заняття на перерві виконувати фізкультуру для запобігання загальної втоми.

Комбінацію вправ для очей потрібно вивісити на плакаті в аудиторії, а краще роздрукувати і зберігати на робочому місці кожного студента для особистого користування.

Для зняття локальної втоми у вертикальному положенні м'язів, що підтримують тулуб і голову, рекомендується кілька хвилин приділяти вправам рук і ніг, щоб зняти загальну втому – робити інтервальні фізичні навантаження, які сприяють поліпшенню функції серцево-судинної, дихальної та серцево-судинної системи.

Повторні заняття з використанням комп'ютера потрібно проводити не раніше ніж через 1 годину після закінчення попереднього. Такі пари не можна проводити частіше двох разів на тиждень.

Під час роботи за комп'ютером також слід дотримуватися деяких правил. Важливо:

1. Монітор повинен знаходитися під кутом не менше 90° до вікна, щоб запобігти потраплянню прямих сонячних променів на екран і уникнути відблисків, які можуть ускладнити читання інформації на дисплеї.

2. Дуже важливо очищати дисплей від пилу, оскільки пил може завдати шкоди під час роботи за дисплеєм.

3. На столі, де встановлено комп'ютер, не повинно бути сторонніх предметів, їжі та її залишків.

4. Завжди потрібно мити та висушувати руки перед тим, як почати користуватися комп'ютером, щоб не забруднити клавіатуру, корпус комп'ютера, монітор, мишу тощо.

5. Кожні 10 хвилин. Під час роботи на екрані дисплея важливо робити кількахвилинну перерву, під час якої можна зафіксувати отримані результати, підготувати дані для продовження роботи чи її планування або зробити перерву.

6. Якщо використовуються миші, під них слід підкласти спеціальний килимок, щоб запобігти можливому пошкодженню від забруднення.

7. Коли клавіатура не використовується, її слід накривати спеціальною прозорою кришкою, щоб під клавіші не потрапляв пил або інші предмети, які можуть пошкодити клавіатуру.

8. У процесі роботи з комп'ютером у разі виникнення питань звертайтеся до викладача або керівника.

Рекомендовані розміри столу: Висота - 725 мм, Ширина - 600 - 1400 мм.

Робочий стілець для користувачів повинен мати такі основні елементи: сидіння, спинку та фіксовані або знімні підлокітники.

Робочі стільці повинні бути сконструйовані так, щоб забезпечувати підтримку.

Тому нахил стільця і кут нахилу сидіння і спинки, а також відстань між спинкою і переднім краєм сидіння, висота підлокітників повинні регулюватися.

Ширина і глибина сидіння повинні бути не менше 400 мм.

Висота сидіння повинна регулюватися в межах 400-500 мм, кут нахилу поверхні - від  $15^\circ$  вперед до  $5^\circ$  назад. Поверхня сидіння повинна бути рівною, а передній край заокругленим.

Його матеріал має забезпечувати можливість легкого очищення від забруднень.

Вертикальний ліктьовий кут (між плечем і передпліччям) -  $70 - 90^\circ$ , згинання зап'ястя від горизонталі більше  $20^\circ$ , нахил голови від вертикалі в межах  $15-20^\circ$  (рисунок 4.1).

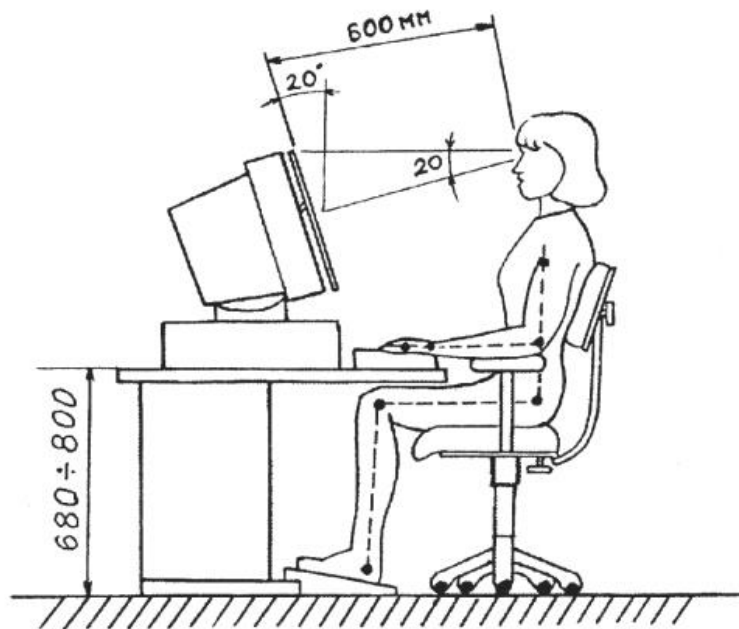


Рисунок 4.1 – Характеристики робочого місця

Комп'ютери також шкідливі для дихальної системи, оскільки ця побутова техніка притягує багато пилу. Цей ефект викликається електричними полями навколо монітора і системного блоку. Крім того, електричне поле



іонізує повітря в приміщенні і знижує вологість, що також негативно впливає на якість легенів людини. Коли новий комп'ютер нагрівається, деякі робочі компоненти виділяють у повітря небезпечні речовини, які потім можуть вдихати користувачі. Щоб зменшити дію всіх цих факторів, потрібно частіше змочувати стільницю і провітрювати кімнату. У кімнаті також можна розмістити пристрій, що зволожує та іонізує повітря, або просто відкритий акваріум.

## **4.2 Організація і функціонування системи управління охороною праці**

В Україні функціонує багаторівнева СУОП, функціональними ланками якої є відповідні структури державної законодавчої і виконавчої влади різних рівнів, управлінські структури підприємств і організацій, трудових колективів.

Залежно від спрямування вирішуваних завдань всі ланки СУОП можна розділити на дві групи:

- ланки, що забезпечують вирішення законодавчо-нормативних, науково-технічних, соціально-економічних та інших загальних питань охорони праці;
- ланки, до функціональних обов'язків яких входить забезпечення безпеки праці в умовах конкретних організацій, підприємств.

До першої групи належать органи державної законодавчої ініціативи та органи державного управління охороною праці:

- Верховна Рада України;
- Кабінет Міністрів України;
- Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки України (Держгірпромнагляд України);
- міністерства та інші центральні органи державної виконавчої влади;

- Фонд соціального страхування від нещасних випадків і профзахворювань;

- місцева державна адміністрація, органи місцевого самоврядування.

Верховна Рада України зі своєї ініціативи у взаємодії з відповідними структурами державної виконавчої влади визначає державну політику в сфері охорони праці, вирішує питання щодо удосконалення і розвитку законодавчої бази охорони праці, соціальні питання, пов'язані зі станом умов і охорони праці.

Кабінет Міністрів України забезпечує реалізацію державної політики в сфері охорони праці, виходячи із стану охорони праці в державі, організує розробку загальнодержавних програм відповідно до поліпшення цього стану, затверджує ці програми і контролює їх виконання, визначає функції органів виконавчої влади щодо вирішення питань охорони праці і нагляду за охороною праці.

Для вирішення цих питань при Кабінеті Міністрів України функціонує Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення, яку очолює віце-прем'єр-міністр України.

Держгірпромнагляд України здійснює комплексне управління охороною праці на державному рівні, реалізує державну політику в цій сфері, розробляє за участі відповідних органів державної програми в сфері охорони праці, координує роботу державних органів і об'єднань підприємств із питань безпеки праці, розробляє і переглядає разом з компетентними органами систему показників і обліку умов і безпеки праці, здійснює міжнародне співробітництво з питань охорони праці і нагляд за охороною праці в державі тощо.

Рішення Держгірпромнагляду України, що відноситься до її компетенції, обов'язкові для виконання всіма міністерствами, іншими центральними органами державної виконавчої влади, місцевими державними адміністраціями, місцевими радами народних депутатів і підприємствами.

Фонд соціального страхування від нещасних випадків здійснює профілактику нещасних випадків і профзахворювань, а також координацію всієї страхової діяльності, пов'язаної з охороною праці.

Міністерство праці і соціальної політики України здійснює також державну експертизу умов праці, визначає порядок і здійснює контроль за якістю проведення атестації робочих місць згідно з їх відповідністю нормативним актам про охорону праці, бере участь у розробці нормативних документів про охорону праці.

Інші міністерства і центральні органи державної виконавчої влади як ланки системи управління охороною праці визначають науково-технічну політику галузі з питань охорони праці, розробляють і реалізують комплексні заходи щодо поліпшення безпеки праці, здійснюють методичне керівництво діяльністю підприємств галузі з охорони праці, співробітничать з галузевими профспілками щодо вирішення питань безпеки праці, організують у встановленому порядку навчання і перевірку знань правил і норм охорони праці керівниками і фахівцями галузі, створюють, у разі необхідності, професійні воєнізовані аварійно-рятувальні формування, здійснюють внутрішній контроль за станом охорони праці.

Для забезпечення виконання перелічених функцій в апаратах міністерств і інших центральних органів державної виконавчої влади створюються служби охорони праці.

Місцеві державні адміністрації й органи місцевого самоврядування в межах підвідомчої їм території забезпечують реалізацію державної політики в сфері охорони праці, формують за участі профспілок місцеві програми заходів щодо поліпшення безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, здійснюють контроль за дотриманням нормативних актів про охорону праці. Для забезпечення виконання названих функцій при місцевих органах державної виконавчої влади створюються відповідні структурні підрозділи.

Управлінські структури підприємств забезпечують в умовах конкретних виробництв реалізацію вимог законодавчих і нормативних актів про охорону праці з метою створення безпечних і нешкідливих умов праці, попередження виробничого травматизму і професійних захворювань, вирішують весь комплекс питань з охорони праці, пов'язаних з даним виробництвом. У своїй діяльності стосовно охорони праці управлінські структури підприємств взаємодіють з комісією з питань охорони праці підприємства (за наявності такої), з профспілками підприємства та уповноваженими трудових колективів.

СУОП в умовах конкретної організації, на конкретному об'єкті завжди є багаторівневою системою управління, у якій верхнім рівнем є державне управління, а нижнім - управління охороною праці на конкретному об'єкті. Як проміжні рівні управління можуть виступати відомче, регіональне управління, а також управління в об'єднанні, тресті тощо.

Слід зазначити, що вихідні параметри СУОП визначаються, виходячи з вимог норм, правил, проектної документації, аналізу фактичного стану виробничої ситуації і ряду факторів виробничого середовища, тому СУОП варто віднести до категорії звичайних, багатоконтурних систем, які піддаються програмуванню. Багатоконтурність систем управління в даному випадку пояснюється складністю об'єкта управління, його великою інерційністю, складністю і інерційністю реалізації управлінських впливів.

Правовою основою СУОП є: Конституція України, Кодекс законів про працю України, Закони України «Про охорону праці» і «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві і професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», накази і розпорядження Президента України, розпорядження і постанови Кабінету Міністрів, Держгірпромнагляд, Міністерства охорони здоров'я, Міністерства праці і соціальної політики, а також інших директивних органів України з питань охорони праці (органи Державного управління охороною праці).

Позитивна дія впровадження систем управління охороною праці (СУОП) на рівні організації як на зниження небезпек і ризиків, так і на продуктивність, нині визнана урядами, роботодавцями і працівниками.

В дослідженнях проводиться реєстрація мовного сигналу з допомогою комп'ютера, а первинним перетворювачем є мікрофон. Оскільки така система в перспективі має використовуватись при ідентифікації користувачів, важливим є питання електробезпеки при роботі з таким і подібним електрообладнанням.

Основне завдання електробезпеки – мінімізувати можливість негативного впливу електричного струму на людину. Досягти цієї мети можна за допомогою таких заходів і засобів:

- безпечною і надійною конструкцією електроустановок;
- організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації електроустановок та використання електричної енергії;
- технічними засобами захисту.

В загальному, конструкція електроустановки має відповідати вимогам технічних умов і стандартів. При цьому, залежно від засобів електробезпеки, усі електротехнічні вироби поділяються на 5 класів: 0, 01, I, II, III.

Система для відбору мовних сигналів при їх дослідженнях на етапах проектування і тестування системи мовної ідентифікації користувачів належатиме до 0 або 01 класу електробезпеки, тобто має лише робочу ізоляцію як засіб захисту (клас 0), або у випадку необхідності крім робочої ізоляції на корпусі системи є пристрій для підключення її до заземлювача або нульового захисного провідника (клас 01).

Стан ізоляції струмопровідних частин системи відбору повинен відповідати «Правилам використання електроустановок». Цими «Правилами» передбачене періодичне випробування ізоляції (2 рази на рік у приміщеннях зі складними умовами, підвищеною вологістю і 1 раз на рік у приміщеннях з нормальним середовищем). Ізоляція створює великій опір, який перешкоджає

протіканню через неї струму. Опір ізоляції кожної системи має бути не меншим 0,5 МОм. Якщо опір ізоляції знижується на 50% від початкового, ізоляцію міняють.

## ВИСНОВКИ

1. Дослідження та аналіз біометричної ідентифікації даних користувача: Під час проведення дослідження біометричної ідентифікації було виявлено, що цей метод виявляється досить ефективним і надійним для забезпечення безпеки даних користувача. Застосування біометричних параметрів, таких як відбитки пальців, розпізнавання обличчя чи розпізнавання голосу, дозволяє відчутно підвищити рівень ідентифікації, порівняно з традиційними методами.

2. Дослідження та аналіз біометричної ідентифікації даних користувача (другий пункт): В ході подальшого аналізу біометричної ідентифікації було виявлено, що наростаюча кількість виробників і розробників в цій галузі сприяє появі нових і більш досконалих рішень. Ідентифікація на основі біометричних даних вже знайшла своє застосування у фінансовому секторі, медицині та інших сферах, що вказує на широкий спектр можливостей цього підходу.

3. Аналіз методу розпізнавання ходи даних користувача: Особливий акцент був зроблений на аналізі методу розпізнавання ходи як одного з інноваційних підходів до біометричної ідентифікації. Виявлено, що цей метод може бути ефективним, оскільки хода людини є унікальним біометричним підписом, і його використання може покращити точність ідентифікації.

У цілому, результати дослідження свідчать про перспективність та високий потенціал використання біометричних методів ідентифікації для забезпечення безпеки даних користувача в різних сферах життя та бізнесу. Однак, важливо продовжувати дослідження та вдосконалювати технології, забезпечуючи їхню надійність та відповідність стандартам конфіденційності та безпеки.

Проведений аналіз методів ідентифікації та моделювання динамічних змін силуетів користувачів виявив важливі аспекти в галузі біометричних технологій.

Дослідження вказує на те, що розпізнавання на основі динамічних змін силуетів користувачів може бути ефективним методом ідентифікації, особливо в контексті біометричних технологій. Використання таких параметрів, як динаміка руху, може значно підвищити точність та надійність процесу ідентифікації.

Аналіз показав, що використання сучасних методів моделювання динамічних змін силуетів дозволяє створювати докладні та реалістичні моделі. Це важливо для вдосконалення систем ідентифікації, оскільки реалістичні моделі дозволяють більш точно адаптуватися до різних умов та ситуацій.

У цілому, аналіз підтверджує важливість впровадження динамічних параметрів у біометричні системи ідентифікації. Це може бути особливо корисним у сферах, де стандартні методи ідентифікації можуть бути обмануті чи неефективні. Однак важливо продовжувати дослідження в цьому напрямку та враховувати питання приватності та етики, щоб забезпечити безпеку та конфіденційність користувачів. Подальші наукові розвідки і технологічні вдосконалення в цій області можуть значно покращити сучасні системи ідентифікації.



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. G. E. Moore, “Cramming more components onto integrated circuits”, *Electronics*, vol. 38, no. 8, pp. 114–117, Apr 1965.
2. A. K. Jain, A. Ross and S. Prabhakar, “An Introduction to Biometric Recognition”, *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 4–20, Jan 2004.
3. R. M. Bolle, J. H. Connel and N. K. Ratha, “Biometric perils and patches”, *Pattern Recognition*, vol. 35, no. 1, pp. 2727–2738, 2002.
4. G. Johansson, “Visual Perception of Biological Motion and a Model for Its Analysis”, *Perception, and Psychophysics*, vol. 14, no. 2, pp. 210–211, 1973.
5. C. D. Barclay, J. E. Cutting and L. T. Kozlowski, “Temporal and Spatial Factors in Gait Perception that Influence Gender Recognition”, *Perception, and Psychophysics*, vol. 23, no. 2, pp. 145–152, 1978.
6. G. Welch and G. Bishop, “An introduction to the Kalman filter”, (2012, Sep.), available at [http://www.cs.unc.edu/~welch/media/pdf/kalman\\_intro.pdf](http://www.cs.unc.edu/~welch/media/pdf/kalman_intro.pdf)
7. V. Pavlovi, J. M. Rehg, T. J. Cham and K. P. Murphy, “A Dynamic Bayesian Network Approach to Figure Tracking using Learned Dynamic Models”, *Proc. International Conference on Computer Vision*, pp. 94–101, 1999.
8. M. Isard and A. Blake, “CondensationConditional Density Propagation for Visual Tracking”, *International Journal of Computer Vision*, vol. 29, no. 1, pp. 5–28, 1998.
9. A. Niyogi and E. H. Adelson, “Analyzing and Recognizing Walking Figures in XYT”, *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, (CVPR)*, pp. 469–474, 1994.
10. D. M. Gavrila and L. S. Davis, “3-D Model-based Tracking of Humans in Action: A Multi-view Approach”, *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, (CVPR)*, pp. 73–80, 1996.

11. C. Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell and A. Pentland, "Pfinder: Real-time Tracking of the Human Body", *IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 19, no. 7, pp. 780–785, 1997.
12. J. Deutscher, A. Blake and I. Reid, "Articulated body motion capture by annealed particle filtering", *Proc. Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, (CVPR)*, vol. 2, pp. 126–133, 2000.
13. Y. Huang and T. S. Huang, "Model-Based Human Body Tracking", *Proc. 16th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'02)*, vol. 1 pp. 552–555, 2002.
14. A. F. Bobick and A. Y. Johnson, "Gait Recognition Using Static, Activity-Specific Parameters", *Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, (CVPR)*, vol. 1 pp. I-423–I-430, 2001.
15. C. Y. Yam, M. S. Nixon and J. N. Carter, "Automated Person Recognition by Walking and Running via Model-based Approaches", *Pattern Recognition*, vol. 37, no. 5, pp. 1057–1072, 2004.
16. R. D. Green and L. Guan, "Quantifying and Recognizing Human Movement Patterns from Monocular Video Images-Part I: A New Framework for Modeling Human Motion", *IEEE Transactions on Circuits Systems for Video Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 179–190, 2004.
17. R. D. Green and L. Guan, "Quantifying and Recognizing Human Movement Patterns from Monocular Video Images-Part II: Applications to Biometrics", *IEEE Transactions on Circuits Systems for Video Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 191–198, 2004.
18. Y. Huang and T. S. Huang, "3D Tracking for Gait Characterization and Recognition", *Proc. 6th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 17–22. 2004.
19. A. D. Sappa, N. Aifanti, S. Malassiotis and M. G. Strintzis, "3D Gait Estimation from Monoscopic Video", *Proc. ICIP*, vol. 3 pp. 1963–1966. 2004.

20. C. Orrite-Uruuela, J. M. del Rincn, J. E. H. Jaraba and G. Rogez, “2D Silhouette and 3D Skeletal Models for Human Detection and Tracking”, Proc. 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), vol. 4 pp. 244–247. 2004.

21. В.В. Никитюк, А.В. Орловська, А.К. Карнаухов, В.К. Крилов. Аналіз біометричної системи силуета користувачів. Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів 6-7 грудня 2023 року. Україна, Тернопіль. Ст. 387-388.

22. D. K. Wagg and M. S. Nixon, “On Automated Model-Based Extraction and Analysis of Gait”, Proc. 6th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition/, pp. 11–16. 2004.

23. H. Lu, K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, “A Full-Body Layered Deformable Model for Automatic Model-Based Gait Recognition”, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, vol. 2008, Jan 2008.

24. J. Gu, X. Ding, S. Wang and Y. Wu, “Action and Gait Recognition From Recovered 3-D Human Joints”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, vol. 40, no. 4, pp. 1021–1033, 2010.

25. K. Arai and R. Andrie, “Gait Recognition Method Based on Wavelet Transformation and its Evaluation with Chinese Academy of Sciences (CASIA) Gait Database as a Human Gait Recognition Dataset”, Proc. Ninth International Conference on Information Technology: New Generations (ITNG), pp. 656–661. 2012.

26. F. Liu and R. W. Picard, “Finding Periodicity in Space and Time”, Proc. Sixth International Conference on Computer Vision, pp. 376–383, 1998.

27. D. Meyer, J. Posl and H. Niemann, ‘Gait Classification with HMMs for Trajectories of Body Parts Extracted by Mixture Densities’, Proc. British Machine Vision Conference, pp. 46.1–46.10, 1998.

28. R. Cutler and L. S. Davis, “Robust Real-Time Periodic Motion Detection, Analysis, and Applications”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 22, no. 8, pp. 781–796, 2000.

29. C. Stauffer and W. E. L. Grimson, “Learning Patterns of Activity Using Real-Time Tracking”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 22, no. 8, pp. 747–757, 2000.

30. J. D. Shutler, M. S. Nixon and C. J. Harris, “Statistical Gait Description via Temporal Moments”, *Proc. 4th IEEE Southwest Symposium on Image Analysis and In-terpretation*, pp. 291–295, 2000.

31. J. B. Hayfron-Acquah, M. S. Nixon and J. N. Carter, “Recognizing human and animal movement by symmetry”, *Proc. International Conference on Image Processing*, pp. 290–293, 2001.

32. C. BenAbdelkader, L. Davis and R. Cutler, “Motion-Based Recognition of People in EigenGait Space”, *Proc. Fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 267–272, 2002.

33. P. J. Phillips, S. Sarkar, I. Robledo, P. Grother and K. Bowyer, “The Gait Identification Challenge Problem: Data Sets and Baseline Algorithm”, *Proc. 16th IEEE International Conference on Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 385–388, 2002.

34. C. BenAbdelkader, R. Cutler and L. Davis, “Person Identification using Automatic Height and Stride Estimation”, *Proc. 16th IEEE International Conference on Pattern Recognition*, vol. 4, pp. 377–380, 2002.

35. A. Sunderesan, A. K. Roy Chowdhury and R. Chellappa, “A Hidden Markov Model Based Framework for Recognition of Humans from Gait Sequences”, *Proc. IEEE International Conference on Image Processing*, vol. 2, pp. II–93.2, 2003.

36. L. Wang, T. Tan, H. Ning and W. Hu, “Silhouette Analysis-Based Gait Recognition for Human Identification”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 25, no. 12, pp. 1505–1518, 2003.

37. J. P. Foster, M. S. Nixon and A. Prgel-Bennett, “Automatic Gait Recognition using Area-Based Metrics”, *IEEE Pattern Recognition Letters*, vol. 24, no. 14, pp. 2489–2497, 2003.

38. Z. Liu and S. Sarkar, "Simplest Representation Yet for Gait Recognition: Averaged Silhouette", Proc. 17th International Conference on pattern Recognition, pp. 211–214, 2004.
39. J. Han and B. Bhanu, "Statistical Feature Fusion for Gait-Based Human Recognition", Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), vol. 2, pp. II-824–II-847, 2004.
40. S. Yu, L. Wang, W. Hu and T. Tan, "Gait Analysis for Human Identification in Frequency Domain", Proc. Third International Conference on Image and Graphics, pp. 282–285, 2004.
41. N. V. Boulgouris, K. N. Plataniotis and D. Hatzinakos, "Gait Recognition Using Dynamic Time Warping", Proc. 6th IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing, pp. 263–266, 2004.
42. N. V. Boulgouris, K. N. Plataniotis and D. Hatzinakos, "An Angular Transform of Gait Sequences for Gait Assisted Recognition", Proc. IEEE International Conference on Image Processing, vol. 2, pp. 857–860, 2004.
43. N. V. Boulgouris, K. N. Plataniotis and D. Hatzinakos, "Gait recognition using linear time normalization", Pattern Recognition , vol. 39, no. 5, pp. 969–979, 2006.
44. N. V. Boulgouris, D. Hatzinakos and K. N. Plataniotis, "Gait Recognition: A Challenging Signal Processing Technology for Biometric Identification", IEEE Signal Pro-cessing Magazine, vol. 22, no. 6, pp. 78–90, 2005.
45. D. Xu, S. Yan, D. Tao, L. Zhang, X. Li and H. J. Zhang, "Human Gait Recognition With Matrix Representation", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology , vol. 16, no. 7, pp. 896–903, 2006.
46. D. Ioannidis, D. Tzovaras, I. G. Damousis, S. Argyropoulos and K. Moustakas, "Gait Recognition Using Compact Feature Extraction Transforms and Depth Information", IEEE Transactions on Information Forensics and Security, vol. 2, no. 3, pp. 623–630, 2007.

47. N. V. Boulgouris and Z. X. Chi, “Gait Recognition Using Radon Transform and Linear Discriminant Analysis”, *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 16, no. 3, pp. 731–740, 2007.
48. D. Tao, X. Li, X. Wu and S. J. Maybank, “General Tensor Discriminant Analysis and Gabor Features for Gait Recognition ”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 29, no. 10, pp. 1700–1715, 2007.
49. X. Yang, Y. Zhou, T. Zhang, E. Zheng and J. Yang, “Gabor phase based gait recognition”, *IEEE Electronics Letters*, vol. 44, no. 10, pp. 620–621, 2008.
50. H. Lu, K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, “MPCA: Multilinear Principal Component Analysis of Tensor Objects”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 19, no. 1, pp. 18–39, 2008.
51. H. Lu, K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, “Uncorrelated Multilinear Discriminant Analysis With Regularization and Aggregation for Tensor Object Recognition”, *IEEE Transactions on Neural Networks*, vol. 20, no. 1, pp. 103–123, 2009.
52. C. Chen, J. Liang, H. Zhao, H. Hu and L. Jiao, “Layered time series model for gait recognition”, *IEEE Electronics Letters*, vol. 46, no. 6, pp. 412–414, 2010.
53. Center for Biometrics and Security Research, “Chinese Academy of Sciences (CASIA) Gait Database”, (2013, Jan.), available at <http://www.cbsr.ia.ac.cn/english/Gait%20Databases.asp/>
54. C. Wang, J. Zhang, L. Wang, J. Pu and X. Yuan, “Human Identification Using Temporal Information Preserving Gait Template”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 34, no. 11, pp. 2164–2176, 2012.
55. S. Argyropoulos, D. Tzovaras, D. Ioannidis and M. G. Strintzis, “A Channel Coding Approach for Human Authentication From Gait Sequences”, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, vol. 4, no. 3, pp. 428–440, 2009.

56. G. Shakhnarovich, L. Lee and T. Darrell, "Integrated Face and Gait Recognition From Multiple Views", Proc. Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, (CVPR) , vol. 1, pp. 439–446, 2001.

57. X. Huang and N. V. Boulgouris, "Gait Recognition Using Multiple Views", Proc. IEEE Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), pp. 1705–1708, 2008.

58. M. Goffredo, J. N. Carter and M. S. Nixon, "Front-view Gait Recognition", Proc. IEEE Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS) , pp. 1–6, 2008.

59. S. Sharma, R. Tiwari, A. Shukla and V. Singh, "Frontal view gait based recognition using PCA", Proc. Proceedings of the International Conference on Advances in Computing and Artificial Intelligence , pp. 124–127, 2011.

60. Z. Liu and S. Sarkar, "Effect of silhouette quality on hard problems in gait recognition", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, vol. 35, no. 2, pp. 170–183, 2005.

61. J. B. de M. Saunders, V. T. Inman and H. D. Eberhart, "The Major Determinants in Normal and Pathological Gait", The Journal of Bone and Joint Surgery, vol. 35, no. 3, pp. 543–558, 1953.

62. S. R. Das, M. T. Lazarewicz and L. H. Finkel, "Principal Component Analysis of Temporal and Spatial Information for Human Gait Recognition", Proc. IEEE IEMBS, vol. 2, pp. 4568–4571, 2004.

63. L. Wang, H. Ning, T. Tan and W. Hu, "Fusion of Static and Dynamic Body Biometrics for Gait Recognition", Proc. 9th IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV'03), vol. 2, pp. 1449-1454, 2003.

64. L. Wang, H. Ning, T. Tan and W. Hu, "Fusion of Static and Dynamic Body Biometrics for Gait Recognition", IEEE Transactions On Circuits and Systems for Video Technology, vol. 14, no. 2, pp. 149–158, 2004.

65. A. Veeraraghavan, A. K. Roy-Chowdhury and R. Chellappa, "Matching Shape Sequences in Video with Applications in Human Movement Analysis", IEEE

Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, no. 12, pp. 1896–1909, 2005.

66. M. S. Nixon, T. Tan and R. Chellappa, Human Identification Based on Gait, New York, NY. Springer Science+Business Media Inc. 2006.

67. N. E. Huang, Z. Shen, S. R. Long, M. C. Wu, H. H. Shih, Q. Zheng, N. C. Yen, C. C. Tung and H. H. Liu, “The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis”, Proceedings of the Royal Society of London A, vol. 454, no. 1971, pp. 903–995, 1998.

68. R. C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, U.S.A. Prentice Hall. 2002.

69. Georgia Tech GVU Center/College of Computing, “Human Identification at a Distance”, (2013, Jan.), available at <http://www.cc.gatech.edu/cpl/projects/hid/>.

70. S. Sarkar, P. J. Phillips, Z. Liu, I. R. Vega, P. Grother and K. W. Bowyer, “The HumanID Gait Challenge Problem: Data Sets, Performance, and Analysis”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 27, no. 2, pp. 162-177, Feb. 2005.

71. Y. Rui, T. S. Huang, M. Ortega and S. Mehrotra, “Relevance Feedback: a power tool for interactive content-based image retrieval”, Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, vol. 8, pp. 644–655, April 1998.

72. P. N. Tan, M. Steinbach and V. Kumar, Introduction to Data Mining, U.S.A. Addison-Wesley. 2005.

73. Nykytyuk V., Dozorskyi V., Dozorska O. Detection of biomedical signals disruption using a sliding window. Scientific journal of the Ternopil National Technical University. 2018. № 3 (91). P. 125–133.

74. Vasyl Dozosky, Oksana Dozorska, Vyacheslav Nykytyuk, Evhenia Yavorska, Leonid Dediw. The Method of Selection and Pre-processing of Electromyographic Signals for Bio-controlled Prosthetic of Hand. 2020 IEEE 15th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and



Information Technologies (CSIT). Volume 1, Lviv-Zbarazh, Ukraine 23-26 September 2020. P. 188-191) Electronic ISBN:978-1-7281-7443-3, USB ISBN:978-1-7281-7442-6, Print on Demand (PoD) ISBN:978-1-7281-7444-0. Print ISSN: 2766-3655, Online ISSN: 2766-3639. DOI: 10.1109/CSIT49958.2020.9321935.

75. Vyacheslav Nykytyuk, Vasyl Dozorskyi, Nataliia Kunanets, Volodymyr Pasichnyk, Oleksandr Matsiuk, Ihor Bodnarchuk: Electrical Probe-Signal Processing and Criterion for the Determination of Time Parameters of the Teeth Filling Material Polymerization Process in Dentistry. 4th IDDM 2021: Valencia, Spain. P. 54-63

76. Oleksii Duda, Nataliia Kunanets, Serhii Martsenko, Vyacheslav Nykytyuk, Volodymyr Pasichnyk. Information technology platform for the selection and analytical processing of information on COVID-19. 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). Volume 2, Lviv, Ukraine 22-25 Sept. 2021. P. 231-328. Electronic ISBN:978-1-6654-4257-2, Print on Demand(PoD) ISBN:978-1-6654-4258-9, Electronic ISSN: 2766-3639, Print on Demand(PoD) ISSN: 2766-3655. DOI: 10.1109/CSIT52700.2021.9648839.

77. Oleksii Duda, Nataliia Kunanets, Serhii Martsenko, Vyacheslav Nykytyuk, Volodymyr Pasichnyk. Covid-19 data collections and analytical processing. 2021 IEEE 16th international conference on computer sciences and information technologies (CSIT). Volume 2, Lviv, Ukraine 22-25 Sept. 2021. p. 252-257. electronic isbn:978-1-6654-4257-2, print on demand (pod) isbn:978-1-6654-4258-9, electronic issn: 2766-3639, print on demand (pod) issn: 2766-3655. doi: 10.1109/csit52700.2021.9648839.

78. Vyacheslav Nykytyuk, Vasil Dozorskyi, Oksana Dozorska, Andrii Karnaukhov and Liubomyr Matiichuk. The Method of User Identification by Speech Signal. The 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP-2022) Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2022.

Vol-3309 urn:nbn:de:0074-3309-1. P.225-232. ISSN 1613-0073 DOI: 10.1425/jsdtl.

79. Ihor Bodnarchuk, Yuriy Skorenkyy, Taras Kramar, Oleksii Duda and Vyacheslav Nykytyuk. Use of Analytical Hierarchy Process in Scenarios Design for a Digital Museum with XR components. The 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP-2022) Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2022. Vol-3309 urn:nbn:de:0074-3309-1. P. 414-425. ISSN 1613-0073 DOI: 10.1425/jsdtl.

80. Kryazhych O., Itskovych V., Iushchenko K., Hrytsyshyna V., Bruvier D., Nykytyuk V., Bodnarchuk I. (2023) The use of abstract moore automaton to control the sensors of a service-oriented alarm and emergency notification network. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 109, no 1, pp. 111–120. ISSN 2522-4433

81. Dediv, L., Dozorska, O., Kukuruza, V., Nykytyuk, V., Kovalyk, S. Computer Simulation Modeling of Voice Signals in the Matlab Environment for the Task of Computerized Diagnostic Systems Testing. The 1st International Workshop on “Computer information technologies in Industry 4.0” (CITI-2023) will be held in Ternopil, Ukraine, from June 14 to 16, 2023. The Workshop is organized by the Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering of Ternopil Ivan Puluj National Technical University. 2023, 3468, pp. 257–262. Vol-3468 urn:nbn:de:0074-3468-8, ISSN 1613-0073.

82. Dozorskyi, V., Dediv, I., Sverstiuk, S., Nykytyuk, V., Karnaukhov, A. The Method of Commands Identification to Voice Control of the Electric Wheelchair. The Workshop is organized by the Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering of Ternopil Ivan Puluj National Technical University. The 1st International Workshop on “Computer information technologies in Industry 4.0” (CITI-2023) will be held in Ternopil, Ukraine, from June 14 to 16, 2023. The Workshop is organized by the Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering of Ternopil Ivan Puluj National Technical

University. 2023, 3468, pp. 233–240. Vol-3468 urn:nbn:de:0074-3468-8, ISSN 1613-0073.

83. О.О. Кузьо, В.К. Крилов, Н.Л. Мацюк. Використання технологій OSINT для формування портету користувача. Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів 7-8 грудня 2022 року. Україна, Тернопіль. Ст. 140.

# ДОДАТКИ

*Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів  
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 7-8 грудня 2022 року*

УДК 004.9

О.О. Кузьо, В.К. Крилов, Н.Л. Мацюк

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ OSINT ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПОРТРЕТУ КОРИСТУВАЧА

Kuzo O.O., Krylov V.K., Matsuk N.L.

### USING OSINT TECHNOLOGY TO FORM USER PORTRAIT

Сьогодні, враховуючи стрімкий розвиток інформаційних технологій і соціальних процесів, проблема ефективного виконання управлінських завдань і прийняття рішень постає гостро при роботі з великими масивами неструктурованих різномірних даних на основі індивідуальних користувацьких профілів.

Для моделювання та дослідження таких систем нині широко використовується OSINT (англ. – Open Source Intelligence) – концепції, методи та прийоми легального отримання та використання інформації з відкритих джерел.

Основною ідеєю OSINT є цілеспрямований збір інформації про об'єкти інтересу (Harvesting) для подальшої обробки та багатовекторного контент-аналізу отриманих даних.

OSINT зручний тим, що: - набагато менше ризику: ніхто не порушує приватність і закони; - ця методика дешевша - не потрібно додаткового обладнання та дорогого програмного забезпечення; - така інформація є легкодоступною (онлайн) і зазвичай завжди актуальна.

Є два основні методи збору інформації:

1. Пасивний. У цьому випадку шукачу інформації неможливо розкрити себе і те, що він шукає. Пошук обмежується вмістом веб-сайту суб'єкта, архівною або кешованою інформацією, незахищеними файлами.

2. Активний. Цей підхід рідко використовується в Інтернет-розвідці. Для отримання інформації було досліджено IT-інфраструктуру компанії та активно взаємодіяли з комп'ютерами та машинами. Передові методи використовуються для отримання доступу до відкритих портів, сканування вразливостей і серверних веб-додатків. У цьому контексті інформаційний інтелект легко ідентифікувати. Соціальна інженерія також застосовується тут.

Вибір методу збору інформації залежить від зібраної інформації та необхідних даних. Важливо розуміти, що те, що легко отримати, не завжди є законним.

Процес розробки OSINT виглядає наступним чином: 1. Оволодіння базовими технологіями, такими як Google Dorks. 2. Пошук цікавих способів використання інструментів і методів і написання невеликих звітів з візуальними результатами. 3. Максимальна анонімність. Під час дослідження OSINT багато часу йде на те, щоб забезпечити вашу безпеку під час пошуку. Це необхідно для того, щоб компанії або окремі особи не могли визначити, що певна інформація збирається.

#### Література

1. Буслов П.В., Зоренко Д.С., Рябуха Ю.М. Використання технологій OSINT для отримання пошукової інформації : практичний посібник. Х. : ПІЮК для СБ України, 2021. 28 с

2. Mozhaiev M, Buslov P. Development of an Information Model for the Personality's Social Portrait Formation Using OSINT Technology // Proceedings of the Technical University – Sofia, Volume 70, Issue 4, 2020, P 37-48.

3. White T. Hadoop: The Definitive Guide, 4th Edition. O'Reilly Media, Inc., 2015, 235p.

*Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів  
«АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року*

УДК 004.9

В. В. Никитюк, канд. тех. наук, доц., А. В. Орловська, А. К. Карнаухов,  
В. К. Крилов

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

### АНАЛІЗ БІОМЕТРИЧНОЇ СИСТЕМИ СИЛУЕТА КОРИСТУВАЧІВ

V. V. Nykytyuk, Ph.D., Assoc. Prof., A. V. Orlovska, A. Karnaukhov, V. K. Krulov  
ANALYSIS OF THE USER SILHOUETTE BIOMETRIC IDENTIFICATION  
SYSTEM

Біометрична система функціонує як система розпізнавання образів, яка ідентифікує користувачів шляхом порівняння їхніх унікальних анатомічних або поведінкових характеристик із збереженими шаблонами. Щоб використовувати біометричну систему, люди повинні спочатку зареєструватися, отримавши свою біометричну інформацію та збережену як контрольний шаблон. Цей шаблон надійно зберігається в центральній базі даних або на смарт-картці, призначеній користувачеві.

Коли потрібна ідентифікація, біометрична система порівнює представлені біометричні дані зі збереженими шаблонами, щоб знайти відповідність. Залежно від конкретного контексту біометрична система може працювати або в режимі перевірки (автентифікації), або в режимі ідентифікації [1]. У режимі перевірки система перевіряє чи відповідають представлені біометричні дані зареєстрованому шаблону конкретної особи. Цей режим зазвичай використовується в сценаріях коли користувач претендує на особу та має підтвердити це. Наприклад: коли людина використовує свій відбиток пальця, щоб розблокувати свій смартфон система перевіряє чи відповідає представлений відбиток пальця зареєстрованому шаблону авторизованого користувача.

Типова біометрична система складається з п'яти основних модулів:

*Модуль датчика, Модуль попередньої обробки, Модуль вилучення функцій, Модуль створення та зберігання шаблонів, Модуль зіставлення та прийняття рішень.*

Ці фундаментальні модулі утворюють базову структуру біометричної системи. Додаткові модулі або компоненти, такі як шифрування для захисту шаблонів, керування базою даних та інтерфейс користувача, також можуть бути включені залежно від конкретної реалізації та вимог системи. Ці п'ять основних модулів працюють разом, щоб забезпечити функціонування біометричної системи, від збору даних до зіставлення та прийняття рішень. Додаткові модулі, такі як шифрування шаблонів, керування базами даних та інтерфейс користувача, також можуть бути включені залежно від конкретних вимог системи.

У разі розпізнавання ходи, коли користувач йде перед камерою ходи, отримані відеодані обробляються для вилучення таких характеристик, як траєкторії кутів з'єднань, відстані сегментів тощо. Потім ці функції порівнюються зі збереженими шаблонами які були створені в процесі реєстрації. Зіставник шаблонів обчислює оцінку відповідності, яка вказує на подібність між витягнутими функціями та збереженими шаблонами. Залежно від налаштувань точності системи приймається рішення прийняти або відхилити заявлену особу в сценарії перевірки. Якщо оцінка відповідності перевищує певний поріг або відповідає певним критеріям, система приймає заявлену особу. У разі налаштування ідентифікації система ідентифікує особу на основі встановленої особистості з найвищим показником відповідності.

Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів  
 «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ» – Тернопіль, 6-7 грудня 2023 року

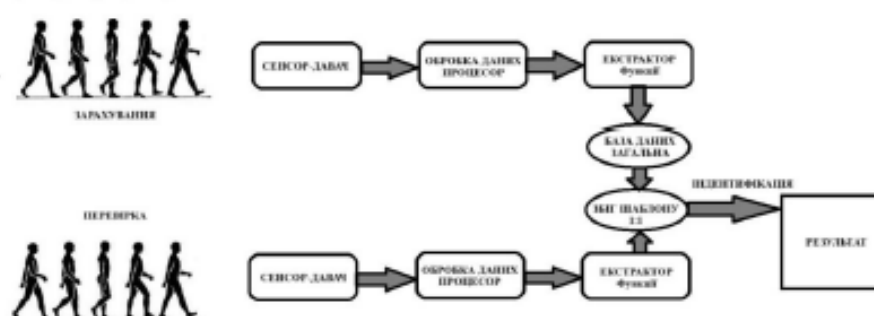


Рисунок 1. Біометричної системи силуета користувача

Залежно від налаштувань точності системи приймається рішення прийняти або відхилити заявлену особу в сценарії перевірки. Якщо оцінка відповідності перевищує певний поріг або відповідає певним критеріям, система приймає заявлену особу. У разі налаштування ідентифікації система ідентифікує особу на основі встановленої особистості з найвищим показником відповідності. У деяких програмах у процесі прийняття рішень може знадобитися участь людини. Система може відобразити найкращі збіги на основі результатів збігів, а експерт-людина може прийняти остаточне рішення щодо прийняття чи відхилення заявленої особи.

Однак важливо зауважити, що в певних сценаріях, наприклад у кримінальних розслідуваннях, особа може бути відсутня в базі даних, у результаті чого збіги не будуть знайдені. У таких випадках система може бути не в змозі ідентифікувати особу на основі наявних даних.

Процес зіставлення шаблонів подібний для інших біометричних даних, таких як розпізнавання відбитків пальців, обличчя та райдужної оболонки ока. Основна відмінність полягає в отриманні біометричних даних і конкретних алгоритмах, які використовуються для зіставлення ознак [2]. Зазвичай біометричні дані однієї особи змінюються з часом і за різних умов. Тому доцільно зберігати кілька шаблонів однієї особи в базі даних. Маючи кілька шаблонів, система може враховувати варіації біометричних даних і підвищувати точність розпізнавання. Безпека біометричної бази даних є критичною проблемою. Для захисту конфіденційності та цілісності збережених шаблонів використовуються технології шифрування. Методи шифрування гарантують, що біометричні шаблони надійно зберігаються та доступ до них мають лише авторизовані особи. Для захисту біометричних даних від несанкціонованого доступу або підробки використовуються різні алгоритми та протоколи шифрування.

### Література

1. V. Nykytyuk, V. Dozorskyi, O. Dozorska, A. Karnaukhov and L. Matiichuk. The Method of User Identification by Speech Signal. The 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP-2022) Ternopil, Ukraine, November 22-24, 2022. Vol-3309 urn:nbn:de:0074-3309-1. P.225-232. ISSN 1613-0073 DOI: 10.1425/jsdtl. (Scopus).

2. Dozorskyi, V., Dediv, I., Sverstiuk, S., Nykytyuk, V., Karnaukhov, A. The Method of Commands Identification to Voice Control of the Electric Wheelchair. The Workshop is organized by the Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering of Ternopil Ivan Puluj National Technical University. The 1st International Workshop on "Computer information technologies in Industry 4.0" (CITI-2023) will be held in Ternopil, Ukraine, from June 14 to 16, 2023, 3468, pp. 233–240. Vol-3468 urn:nbn:de:0074-3468-8, ISSN 1613-0073 (Scopus)