



# ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність 174 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Комп'ютеризовані та робототехнічні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Удовиченку Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення інтелектуальних засобів комп'ютерного зору для визначення осіб за типом одягу на роботизованому виробництві затверджена наказом університету від 25 листопада 2024 р. № 1239 Ст
2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 23.01.2025 р.
3. Вихідні дані до роботи: 3.1 Мова програмування: JavaScript, 3.2 Відео з зображеннями людей у спецодязі, 3.3 Бібліотеки Tensorflow/tfjs та Tensorflow/image, 3.4 Програмне забезпечення: ОС Microsoft Windows 10 та вище, Google Chrome версії 101.0.4951.67 та вище, Visual Studio Code версії 1.79 та вище, Postman версії 9.16 та вище, MySql Workbanch версії 8.0 та вище. 3.5 Технічне забезпечення: IBM-сумісний персональний комп'ютер.
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: 4.1 Аналіз предметної області, 4.2 Розглянути існуючі принципи розпізнавання та існуючі рішення, 4.3 Постановити задачу дослідження, 4.4 Спроекувати архітектуру системи, провести проектування програмного застосунку, 4.5 Створити діаграми класів взаємодії, 4.6 Провести експериментальні дослідження, 4.7 Зробити висновки відповідно до отриманих даних.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри): слайди у форматі PowerPoint у кількості 16 слайдів з розширенням .pptx

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд існуючих принципів розпізнавання та проведення аналізу аналогічних рішень	01.09.2024 - 04.10.2024	Виконано
2.	Опис об'єкта досліджень та постановка задачі дослідження	05.10.2024 - 14.10.2024	Виконано
3.	Проектування архітектури системи	15.10.2024 - 23.10.2024	Виконано
4.	Дослідження алгоритмів навчання ШІ моделей, навчання ШІ моделі для розпізнавання типів одягу	24.10.2024 - 10.11.2024	Виконано
5.	Проектування БД та зв'язків взаємодії між компонентами програмного застосування	11.11.2024 - 08.12.2024	Виконано
6.	Комп'ютерне моделювання системи автоматичного управління для розпізнавання осіб за типом одягу	09.12.2024 - 23.12.2024	Виконано
7.	Проведення експериментальних досліджень	24.12.2024 - 05.01.2025	Виконано
8.	Оформлення пояснювальної записки	05.01.2025 - 12.01.2025	Виконано
9.	Нормоконтроль, рецензування	16.01.2025	Виконано
10.	Допуск до захисту у зав. кафедри	21.01.2025	

Дата видачі завдання 01 вересня 2024 р.

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Удовиченко О.В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

проф. Цимбал О.М.  
(посада, прізвище, ініціали)

Я, Удовиченко Олександр Володимирович, як студент ХНУРЕ розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

"5" січня 2025 р.



Удовиченко О.В.

## РЕФЕРАТ

Робота містить: 63 с., 2 табл., 47 рис., 3 дод., 30 джерел.

### КОМ'ЮТЕРНИЙ ЗІР, ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ, РОЗПІЗНАВАННЯ ОБРАЗІВ, ЗОБРАЖЕННЯ.

Об'єкт дослідження – процес автоматизованого моніторингу та виявлення несанкціонованих перетинів охоронюваних зон.

Предмет дослідження – алгоритми та методи обробки зображень і відео для виявлення, класифікації та розпізнавання об'єктів на основі їхніх візуальних ознак.

Мета роботи – удосконалення охоронної системи шляхом розробки програмного забезпечення з інтегрованим штучним інтелектом, що забезпечує точне виявлення та класифікацію об'єктів для своєчасного сповіщення про порушення.

Методи дослідження – аналіз існуючих систем комп'ютерного зору та проектування інтелектуальних засобів для прискорення функцій розпізнавання, проведення практичного створення веб-застосунку на основі проведеного проектування системи.

Результати та їх новизна – створена система автоматичного виявлення та сповіщень із інтегрованим ШІ для багатофакторного розпізнавання об'єктів за типом одягу в реальному часі, з адаптацією до змінюваних умов.

Отримані результати кваліфікаційної роботи можна віднести до Цілей сталого розвитку України: ЦСР 8 «Гідна праця та економічне зростання», п. 8.2, ЦСР 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура», п. 9.4.

## ABSTRACT

Thesis contains: 63 p., 2 tabl., 47 img., 3 app., 30 sourc.

COMPUTER VISION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, PATTERN RECOGNITION, IMAGES.

The object of the study is the process of automated monitoring and detection of unauthorized crossings of protected areas.

The subject of the study is algorithms and methods for processing images and videos for detecting, classifying and recognizing objects based on their visual features.

The purpose of the work is to improve the security system by developing software with integrated artificial intelligence, which ensures accurate detection and classification of objects for timely notification of violations.

Research methods are the analysis of existing computer vision systems and the design of intelligent tools to accelerate recognition functions, the practical creation of a web application based on the system design.

Results and their novelty are the creation of an automatic detection and notification system with integrated AI for multifactor recognition of objects by type of clothing in real time, with adaptation to changing conditions.

The results of the qualification work can be attributed to the Sustainable Development Goals of Ukraine: SDG 8 "Decent work and economic growth", item 8.2, SDG 9 "Industry, innovation and infrastructure", item 9.4.

## ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень .....	9
1 Аналіз предметної області.....	12
1.1 Системи комп’ютерного зору .....	12
1.2 Огляд існуючих принципів розпізнавання об’єктів.....	15
1.2.1 Порівняння із зразком.....	15
1.2.2 Використання штучних нейронних мереж.....	16
1.2.3 Статистичні методи.....	17
1.2.4 Структурні та синтаксичні методи.....	19
1.3 Аналіз аналогічних рішень.....	20
1.3.1 Google Vision API.....	22
1.3.2 Trueface.....	23
1.3.3 PPE Detection .....	25
1.3.4 Urban Reconnaissance through Supervised Autonomy.....	25
1.4 Актуальність та недоліки.....	26
1.5 Висновки до розділу.....	28
2 Проектування архітектури системи.....	29
2.1 Опис об’єкта дослідження.....	29
2.2 Постановка задачі .....	30
2.2.1 Мета розвитку системи.....	30
2.2.2 Основні функціональні можливості системи.....	31
2.2.3 Нефункціональні вимоги.....	32
2.2.4 Вимоги безпеки .....	33
2.3 Архітектура системи .....	33
2.4 Висновки до розділу.....	37
3 Проектування програмного застосунку для розпізнавання людей за типом одягу.....	38
3.1 Навчання моделі ШІ.....	39
3.2 Проектування бази даних для застосунку.....	45
3.2.1 Визначення основних бізнес-правил.....	45
3.2.2 ER-моделювання .....	47
3.3 Проектування взаємодії клієнтської та серверної частини.....	50

3.4	Комп'ютерне моделювання системи автоматичного управління для розпізнавання осіб за типом одягу .....	55
3.5	Висновки до розділу.....	62
4	Експериментальні дослідження .....	63
5	Охорона праці .....	70
	Висновки .....	72
	Перелік джерел посилань .....	74
	Додаток А Публікації за тематикою роботи.....	78
	Додаток Б Лістинг програмного коду .....	99
	Додаток В Демонстраційний матеріал.....	109

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

ПЗ – програмне забезпечення;

ЦСР – цілі сталого розвитку;

ШІ – штучний інтелект;

API – прикладний програмний інтерфейс;

DARPA – Defense Advanced Research Projects Agency;

OCR – оптичне розпізнавання символів;

PCT – The Patent Cooperation Treaty;

PPE Detection – Personal Protective Equipment Detection;

REST API - це один з найпоширеніших підходів до створення API, який використовується для створення веб-сервісів, що дозволяють передавати та отримувати дані за допомогою HTTP-запитів;

RPC – протокол, що дозволяє програмі, запущеній на одному комп'ютері, звертатись до функцій (процедур) програми, що виконується на іншому комп'ютері;

RTSP – це протокол зв'язку, який використовується для керування серверами, які передають медіаконтент через Інтернет;

URSA – Urban Reconnaissance through Supervised Autonomy;

## ВСТУП

Сучасний розвиток технологій штучного інтелекту та комп'ютерного зору відкриває нові можливості для автоматизації процесів у різних сферах життя. Одним із перспективних напрямків є розробка інтелектуальних систем розпізнавання осіб на основі типу одягу. Такі рішення можуть бути корисними у сфері безпеки, роздрібної торгівлі, управлінні громадськими просторами, а також в аналізі поведінки споживачів. Використання комп'ютерного зору та алгоритмів машинного навчання дозволяє не тільки ідентифікувати особу, але й розпізнавати її стиль одягу, що може забезпечити додаткові можливості для класифікації та моніторингу.

Актуальність даної теми обумовлена зростаючою потребою в автоматизованих системах, які можуть працювати в реальному часі, обробляючи великі обсяги відеоданих з камер спостереження або інших джерел. Системи такого типу можуть значно підвищити ефективність роботи служб безпеки, допомогти у виявленні підозрілих осіб або груп людей за певними характеристиками, а також забезпечити можливості для персоналізації послуг на основі зовнішнього вигляду клієнтів.

Підставою для проведення даної роботи стала, необхідність створення застосунку з новими інтелектуальними можливостями розпізнавання образів, що доповнять вже існуючі охоронні рішення новими функціями, які дадуть змогу визначати людей за типом одягу.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого моніторингу та виявлення несанкціонованих перетинів охоронюваних зон.

Предметом дослідження є алгоритми та методи обробки зображень і відео для виявлення, класифікації та розпізнавання об'єктів на основі їхніх візуальних ознак.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є удосконалення охоронної системи шляхом розробки ефективного програмного забезпечення з інтегрованим штучним інтелектом для автоматизованого моніторингу периметра, яке

забезпечує точне виявлення та класифікацію об'єктів для своєчасного сповіщення про несанкціонований перетин охоронюваної зони.

Методи дослідження – аналіз існуючих систем комп'ютерного зору та проектування інтелектуальних засобів для прискорення функцій розпізнання, проведення практичного створення веб-застосунку на основі проведеного проектування системи.

Отримані результати кваліфікаційної роботи мають сприяти досягненню таких Цілей сталого розвитку України:

– ЦСР 8 «Гідна праця та економічне зростання», а саме п. 8.2 «Сприяння впровадженню високопродуктивних та інноваційних технологій через використання комп'ютерного зору та інтелектуальних систем автоматизації на виробництві, що сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню людського втручання та підвищенню ефективності технологічних процесів»;

– ЦСР 9 "Промисловість, інновації та інфраструктура" , п. 9.4 «Сприяти технологічній модернізації виробництва з метою підвищення його ефективності, зокрема через розробку інноваційних засобів комп'ютерного зору, що підтримує модернізацію виробничих процесів».

В ході підготовки та виконання кваліфікаційної роботи, було визначено актуальність та перспективні області застосування ШІ, результати висвітлено в статтях: «Вплив розвитку ШІ на комп'ютеризовані та роботехнічні системи» [1], «Застосування штучного інтелекту в промисловості та автомобільній галузі» [2].

Пояснювальну записку оформлено згідно з вимогами ДСТУ 3008:2015 [3] та рекомендаціями [4].

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Системи комп'ютерного зору

Комп'ютерний зір (Computer Vision) – одна з галузей кібернетики, яка дає змогу комп'ютерам і системам отримувати корисну інформацію з цифрових зображень, відео, візуальних даних та виконувати дії або давати рекомендації на основі отриманої інформації. Комп'ютерний зір дозволяє машинам бачити, спостерігати й розуміти. Комплексні рішення на базі Computer Vision(CV) вже активно використовуються у різних сферах бізнесу та виробництва. Розмір ринку на 2021 рік становить 12,22 мільярди доларів США, а згідно прогнозу, на 2028 буде збільшений до 20,05 мільярдів доларів США [5].

В залежності від сфери застосування використовуються різні типи розпізнавання об'єктів та образів. До основних типів систем комп'ютерного зору належать:

- системи розпізнавання об'єктів (рис. 1.1);

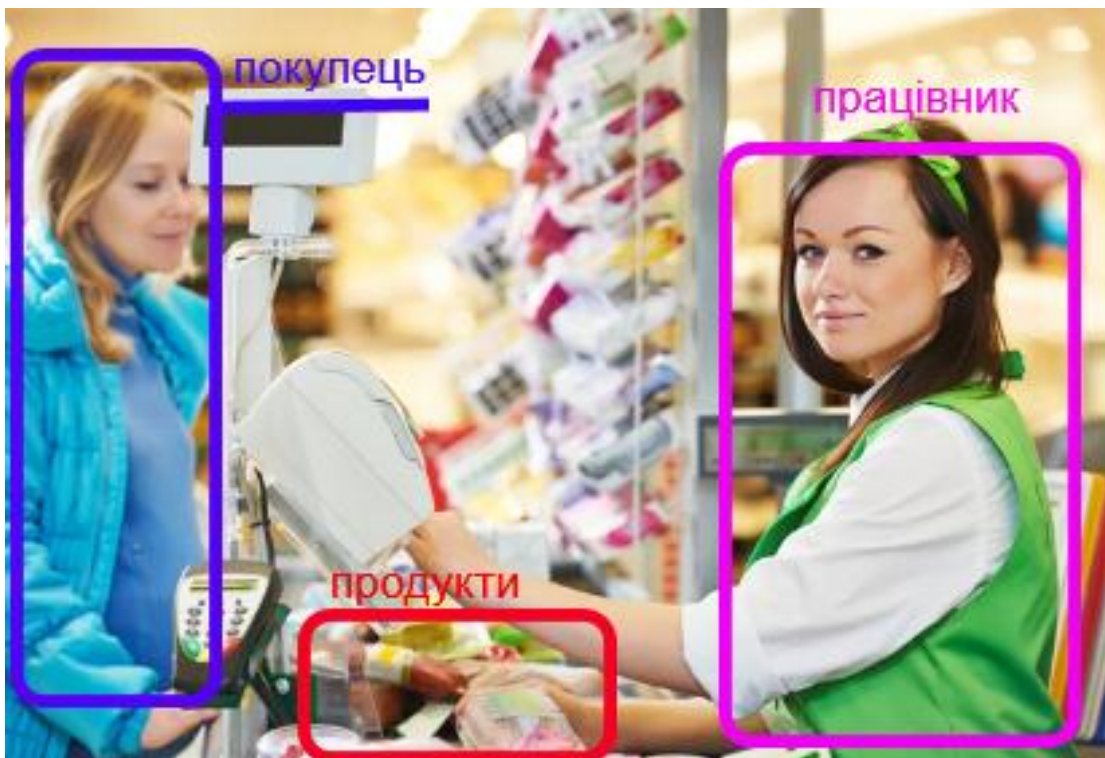


Рисунок 1.1 – Приклад системи розпізнавання об'єктів

– системи сегментації зображень (рис. 1.2);



Рисунок 1.2 – Приклад системи сегментації зображень

– системи трекінгу об'єктів (рис. 1.3);

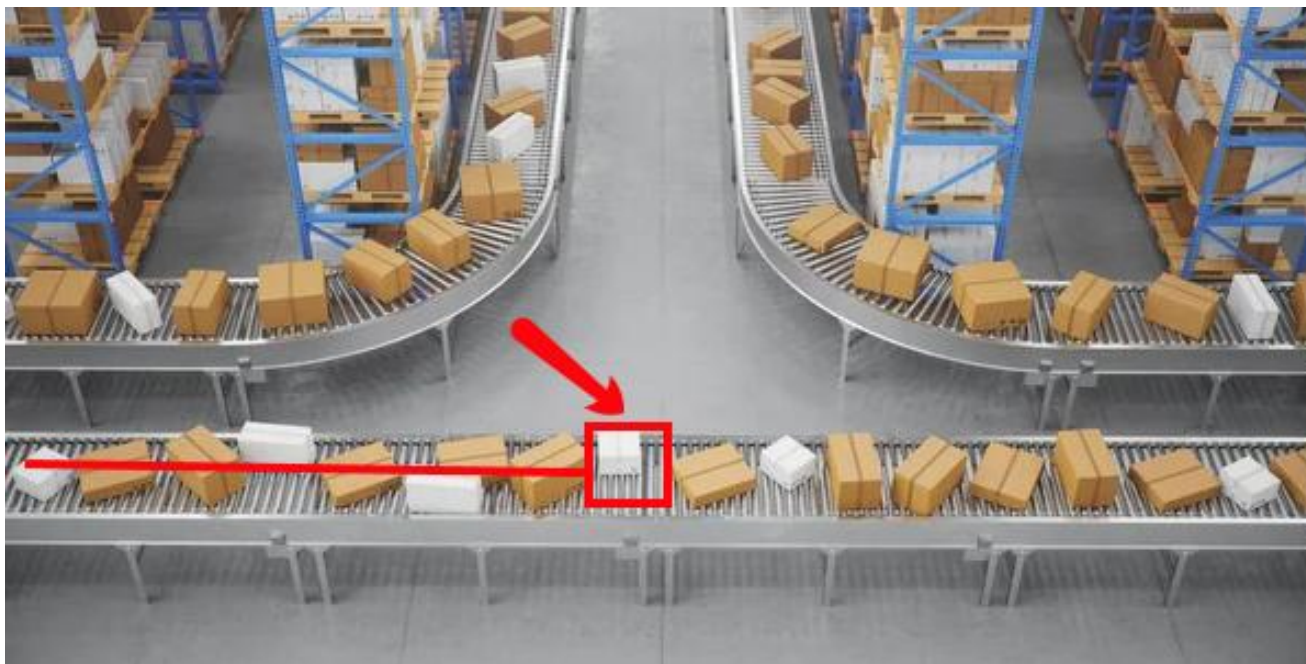


Рисунок 1.3 – Приклад системи трекінгу об'єктів

– системи розпізнавання дій та жестів (рис. 1.4);

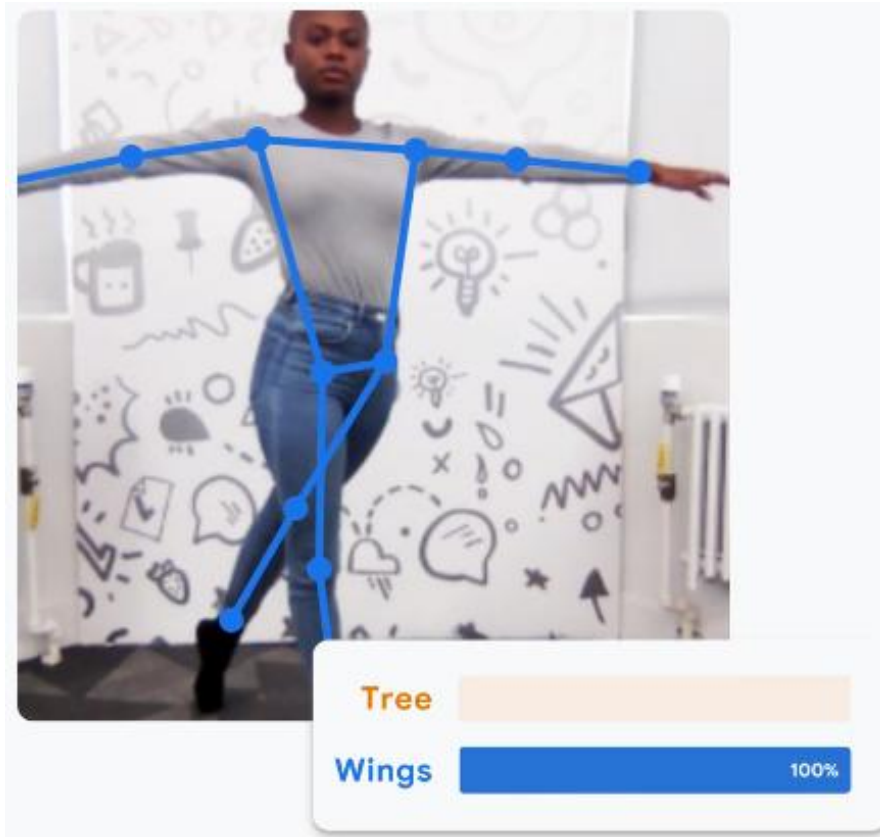


Рисунок 1.4 – Приклад системи розпізнавання дій та жестів

– системи аналізу та розуміння сцен (рис. 1.5);

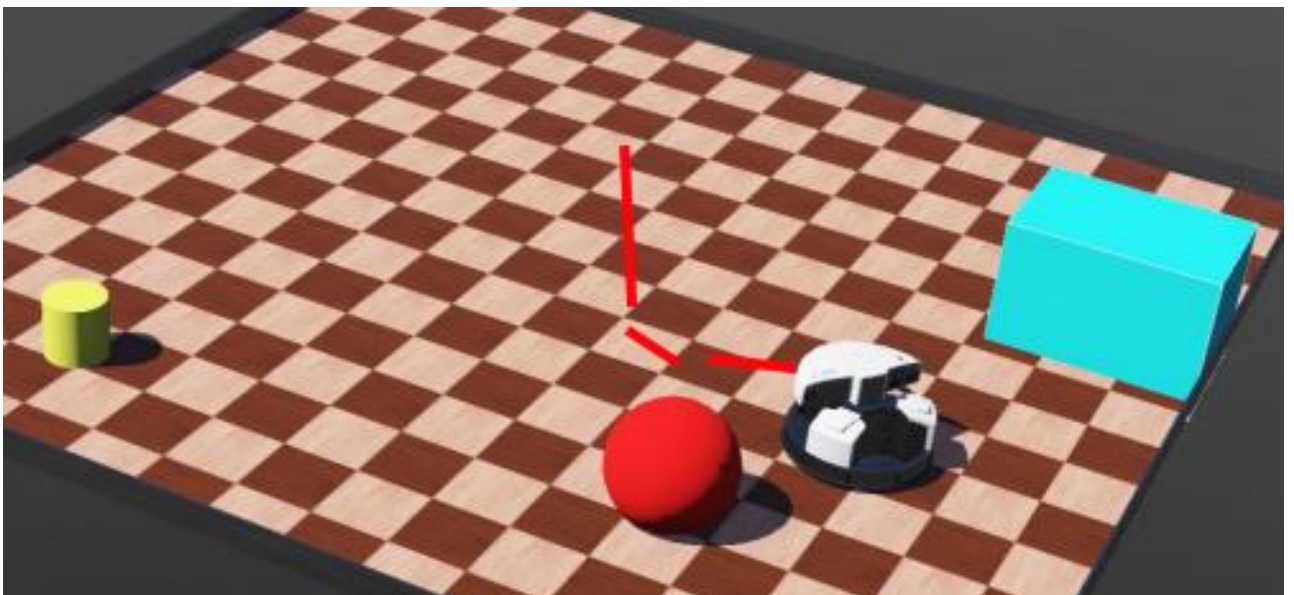


Рисунок 1.5 – Приклад системи аналізу та розуміння сцен

– системи 3D-реконструкції (рис. 1.6);



Рисунок 1.6 – Приклад системи 3D-реконструкції

## 1.2 Огляд існуючих принципів розпізнавання об'єктів

Розпізнавання образів (об'єктів) важливе завдання з ідентифікації об'єктів за його зображенням. Важливо виділяти, що образ – це класифікаційна група, яка визначає об'єкт за його зовнішніми ознаками.

Розпізнавання використовують для визначення біометричних даних (голосу, відбитків пальців, обличчя), алфавітно-цифрових символів, розпізнавання, що характеризується скінченим набором деяких властивостей і ознак (колір, форма) [6]. Для чого застосовуються 4 основних методи розпізнавання образів: порівняння із зразком, використання штучних нейронних мереж, статистичні методи, структурні та синтаксичні методи.

### 1.2.1 Порівняння із зразком

Для оптичного розпізнавання образів можна застосувати метод перебору вигляду об'єкта під різними кутами, масштабами, зсувами й т. д. Для букв потрібно перебирати шрифт, властивості шрифту й т. д.

При порівнянні зі зразком застосовуємо геометричну нормалізацію, яку вважаємо відстанню до прототипу. Найбільш наочне застосування цього методу в розпізнаванні тексту.

При завданні, в якому є зображення сканованого символу і колекція зображень зразків (усіх букв алфавіту), для визначення букви алфавіту, яка відповідає сканованому зображенню, потрібно масштабувати зображення символу до розмірів зразків і обрати той, відстань до якого мінімальна [7].

Приклад порівняння зі зразком показано на рис. 1.7.



Рисунок 1.7 – Порівняння вхідних даних зі зразком

### 1.2.2 Використання штучних нейронних мереж

Штучні нейронні мережі, відносяться до паралельних методів розпізнавання, що використовують Евклід простір описів образів. В їх основі лежать нейронно-мережеві обчислювальні моделі, принцип функціонування, яких схожий з мережами біологічних нейронів головного мозку. Завдяки запозиченню принципів організації у біологічних структур мозку, нейромережі

демонструють схожі властивості, такі як навчання на основі попереднього досвіду, виділення основних ознак з вхідної інформації, узагальнення наявних прецедентів для нових випадків. Можливості, що надаються нейронними мережами, були використані для вирішення задач розпізнавання і класифікації образів в множині досліджень та прикладних розробок [8].

Нейромережі складаються з мінімум одного нейрона, при цьому їх максимальна кількість обмежується лише фізичними властивостями ЕОМ та задачами поставленими перед даною мережею. Приклад розпізнавання образів нейронною мережею показаний на рис. 1.8.

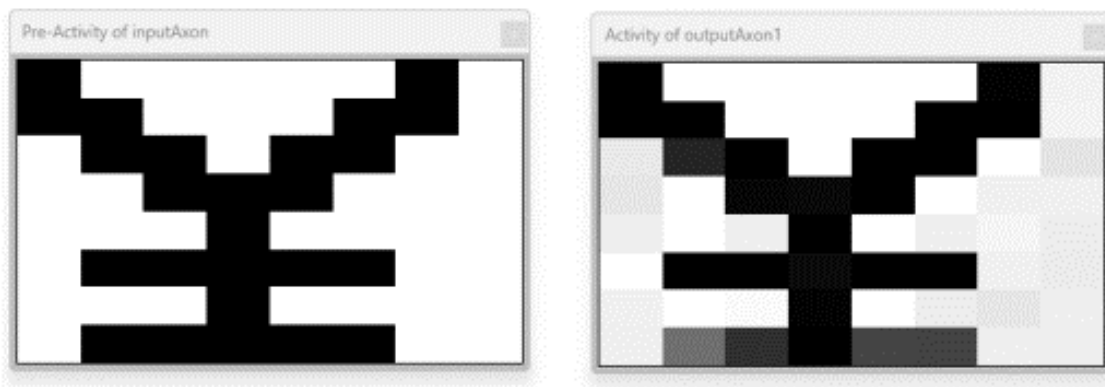


Рисунок 1.8 – Розпізнавання образів нейронною мережею (на етапі навчання)

### 1.2.3 Статистичні методи

Перші статистичні методи класифікації та розпізнавання текстур ґрунтувалися на аналізі взаємного розташування відтінків сірого кольору в зображенні та частоті їх появи, що характеризувалося двовимірною функцією щільності ймовірності. На основі цієї функції було визначено чотири характерні ознаки, які використовувалися для класифікації та розпізнавання текстур:

- кутовий момент;
- контрастність;
- кореляція;
- ентропія.

До статистичних методів належить кореляційний аналіз зображень, зокрема метод матриць взаємозв'язку (GLCM), який ефективно класифікує текстури, відображаючи частоту пар градацій сірого кольору. Для кольорових зображень цей підхід застосовується окремо до кожного з трьох базових кольорів. У спектральній області використовують двовимірне дискретне перетворення Фур'є для аналізу текстур за допомогою гістограм спектральних коефіцієнтів, що забезпечують більш надійні результати та стійкість до шуму, хоча й можуть згладжувати різкі межі між об'єктами [9].

В якості прикладу розглянемо алгоритм розпізнавання зображення об'єктів за допомогою стохастичної моделі:

$$\text{if } |u_{i,j} - m| > \varepsilon_{tr} \text{ then } v_{i,j} = u_{i,j} \text{ else } v_{i,j} = 0, \quad (1.1)$$

де  $u_{i,j}$ ,  $v_{i,j}$  – елементи матриць заданого зображення та зображення об'єктів.

На рис. 1.9 представлено результат розпізнавання та відбору об'єктів згідно з алгоритмом (1.1) за статистичним методом.

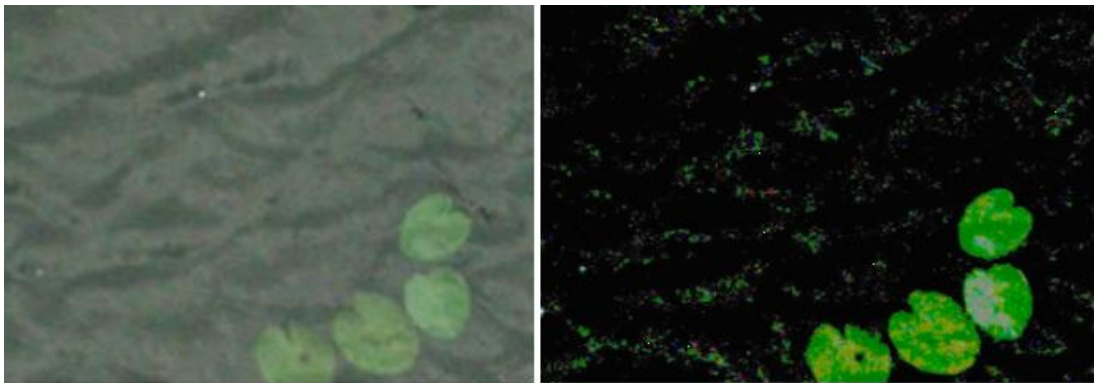


Рисунок 1.9 – Тестове зображення та результат розпізнавання об'єктів за статичним методом

Як видно з рисунку, всі сторонні об'єкти, як великі (листки), так і малі (білого кольору) виділені, але присутній шум похибки. Зменшити похибку можна збільшивши порогове значення відбору, але, як показали чисельні

експерименти, в цьому випадку втрачають якість зображення об'єктів. Таким чином, стохастична модель погано апроксимує фоновий сигнал та не спроможна повністю відділити шукані об'єкти від фону.

#### 1.2.4 Структурні та синтаксичні методи

Структурні методи засновані на ідеї, що складні образи можуть бути представлені як сукупність простих підобразів (примітивів) і їхніх взаємозв'язків. Основною метою є виявлення ієрархічної структури образу, яка може бути описана за допомогою графів, дерев або інших подібних структур.

В свою чергу до примітивів відносяться найпростіші компоненти, з яких складається образ. Це можуть бути лінії, кути, контури або інші елементарні фігури.

Існують відносини між примітивами, що визначають просторові або топологічні зв'язки між примітивами, такі як відстані, кути або відносне положення. Зазвичай образ представляється як граф, де вершини відповідають примітивам, а ребра – зв'язкам між ними.

Процес розпізнавання включає порівняння структури образу з еталонними структурами в базі даних. Це можна здійснити шляхом порівняння графів, пошуку підграфів, тощо. Приклад структурування показано на рис.1.10.

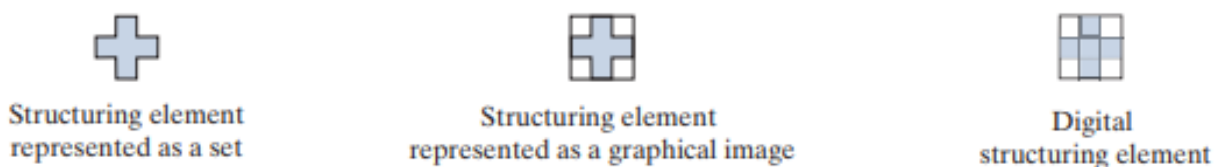


Рисунок 1.10 – Структуризація об'єктів для подальшого розпізнавання

Синтаксичні методи базуються на ідеї, що образи можуть бути описані за допомогою певної граматики, яка визначає правила їхнього формування. Подібно до того, як слова в мові складаються з символів за певними правилами,

образи можуть бути описані як "слова", утворені з "алфавіту" примітивів за допомогою граматики.

Грамматика – це набір правил, який визначає, як примітиви можуть комбінуватися, утворюючи більш складні образи. Мовою образів називають сукупність всіх можливих образів, які можуть бути описані даною граматиною.

Процес розпізнавання включає аналіз образу з метою перевірки, чи може він бути згенерований даною граматиною. Це схоже на перевірку правильності синтаксису в програмуванні або мові. В процесі розпізнавання формується дерево розбору, яке відображає структуру образу відповідно до правил граматики [10]. Приклад синтаксичного методу розпізнавання показано на рис. 1.11.

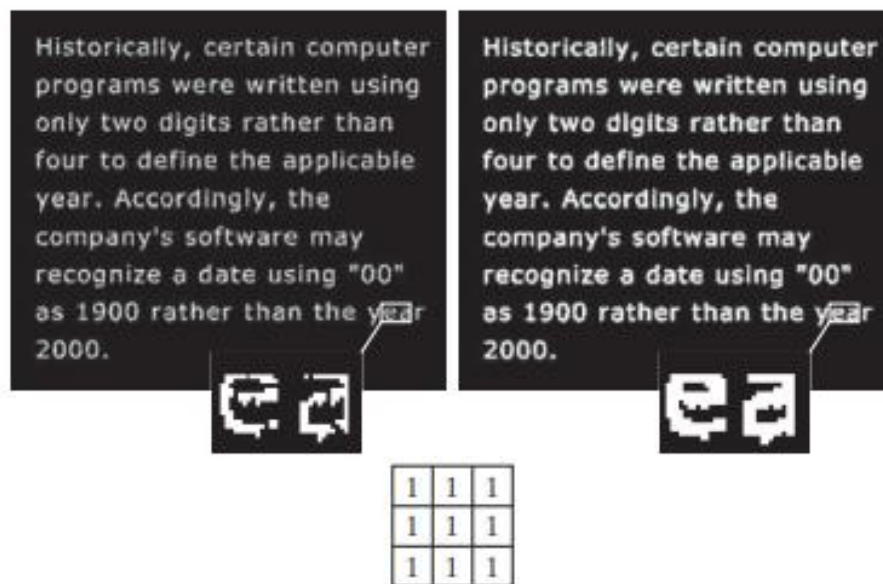


Рисунок 1.11 – Тестове зображення та результат розпізнавання об'єктів за синтаксичним методом

### 1.3 Аналіз аналогічних рішень

Автоматизоване розпізнавання образів за типом одягу або іншими візуальними характеристиками є важливим напрямком у галузі комп'ютерного зору та машинного навчання. Ця технологія активно використовується у таких

сферах, як ритейл, безпека, модна індустрія, доповнена реальність, промисловість, транспорт та військова галузь.

У ритейлі та моді використовуються системи Fashion-MNIST та DeepFashion або аналогічні. Вони застосовуються для класифікації одягу, забезпечуючи персоналізовані рекомендації для клієнтів на платформах Zalando та Fashion Recommender. У безпеці використовуються рішення на кшталт Google Vision API, Amazon Rekognition і Trueface для розпізнавання об'єктів на зображеннях, що допомагає автоматизувати процеси контролю доступу та спостереження.

У промисловості технології комп'ютерного зору допомагають контролювати процеси виробництва, виявляти дефекти на конвеєрі та забезпечувати безпеку працівників, використовуючи алгоритми для аналізу одягу чи екіпірування персоналу. Прикладом застосування комп'ютерного зору в промисловості є система PPE Detection (Personal Protective Equipment Detection). Цей застосунок використовує алгоритми штучного інтелекту для автоматизованого контролю за наявністю у працівників засобів індивідуального захисту, таких як каски, захисні окуляри, рукавички, спецодяг або інші елементи.

У транспорті розпізнавання образів застосовується для моніторингу пасажирів та аналізу поведінки на транспортних вузлах. Це сприяє підвищенню безпеки, зокрема, для виявлення осіб з підозрілими ознаками, такими як невідповідність одягу погодним умовам або встановленим стандартам.

У військовій сфері розпізнавання за одягом використовується для ідентифікації військовослужбовців або ворожих сил, а також для відстеження відповідності екіпірування персоналу в реальних умовах. DARPA (Агентство передових оборонних дослідницьких проєктів) у США розробляє та впроваджує системи комп'ютерного зору для аналізу відеопотоків, що дозволяють автоматично виявляти підозрілі об'єкти або рухи на ворожих територіях. Проєкт «Urban Reconnaissance through Supervised Autonomy» від DARPA використовує системи комп'ютерного зору для розпізнавання цілей у міських середовищах.

Система аналізує відеопотоки з безпілотників і роботів, автоматично виявляючи небезпечні об'єкти та потенційні загрози.

Використання таких рішень автоматизує процеси аналізу зображень, покращує взаємодію користувачів з системами та підвищує точність і надійність класифікації в різних галузях.

### 1.3.1 Google Vision API

Платформа Google Cloud Vision API (REST і RPC) дозволяє створювати програмне забезпечення, яке може ідентифікувати об'єкти на зображеннях з великою точністю.

Google Cloud Vision використовує машинне навчання для ідентифікації зображень із попередньо навчених моделей на величезних наборах даних зображень. Потім він класифікує зображення за тисячами категорій, щоб вибрати об'єкти, місця та обличчя, і видає результати з достовірною цінністю.

Розробники можуть використовувати Google Cloud Vision API та легко інтегрувати функцію розпізнавання зображень зі своїм програмним забезпеченням, зокрема:

- виявлення міток і сутностей, які ідентифікують домінуючий об'єкт на зображенні. Це може бути використано для створення метаданих у вашому каталозі зображень, що дозволяє здійснювати пошук на основі зображень;

- оптичне розпізнавання символів (OCR) для розуміння тексту на зображенні. Google Cloud Vision також може автоматично визначати широкий спектр різних мов;

- виявлення безпечного пошуку, яке виявляє неприйнятний контент на зображенні. Це особливо корисно для краудсорсингового контенту;

- виявлення облич, яке вибирає обличчя на зображенні, зокрема такі риси обличчя, як ніс, очі та положення рота. Це також дозволяє йому ідентифікувати емоції;

- виявлення орієнтира разом із визначенням пов'язаних широт і довготи;
- виявлення логотипу для впізнаваних логотипів продуктів і брендів на зображенні [11].

Приклад розпізнавання образів платформою показано на рис. 1.12.

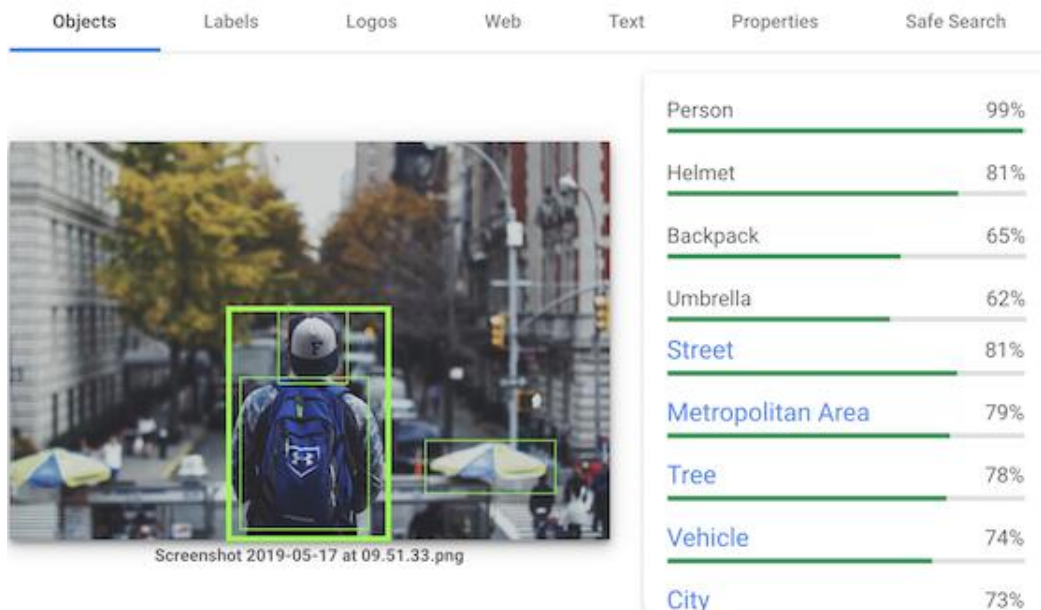


Рисунок 1.12 – Розпізнавання об'єктів платформою Google Cloud Vision

### 1.3.2 Trueface

Trueface – це передова платформа, яка спеціалізується на технологіях комп'ютерного зору та штучного інтелекту для розпізнавання обличчя і атрибутів осіб. Вона розроблена для інтеграції з системами безпеки, відеоспостереження та контролю доступу, забезпечуючи ефективний інструмент для аналізу відео та зображень у реальному часі.

Основні функції платформи Trueface:

- платформа забезпечує точне розпізнавання обличчя за допомогою алгоритмів глибокого навчання;
- може ідентифікувати особу навіть у складних умовах освітлення або при частковому закритті обличчя (окуляри, маски, шапки);

- визначає деталі, такі як стать, вік, вираз обличчя (наприклад, посмішка), що можуть бути корисними для додаткового профілювання осіб;
- виявляє такі ознаки, як колір та тип одягу, взуття або аксесуарів (капелюхи, сумки), що дозволяє використовувати цю інформацію для пошуку осіб на відео;
- допомагає виявляти підозрілих осіб або швидко шукати людей за описом одягу;
- Trueface може аналізувати відео для розпізнавання об'єктів, таких як зброя або інші небезпечні предмети, що важливо для забезпечення безпеки в публічних місцях;
- платформа інтегрується з системами контролю доступу, дозволяючи використовувати розпізнавання облич для автоматизованого відкриття дверей, перевірки ідентифікаційних даних тощо;
- платформа підтримує інтеграцію з різними системами відеоспостереження та базами даних, що дозволяє легко впроваджувати її в існуючі рішення безпеки;
- можна налаштовувати правила для різних середовищ, наприклад, для офісних приміщень, стадіонів, аеропортів або роздрібних магазинів [12].

Приклад розпізнавання об'єктів платформою показано на рис. 1.13.



Рисунок 1.13 – Приклад розпізнавання платформою Trueface

### 1.3.3 PPE Detection

Виявлення засобів індивідуального захисту (PPE Detection) – це технологія, яка використовує камери та алгоритми глибокого навчання для автоматичного виявлення та попередження про порушення індивідуального захисту – наприклад, відсутність носіння касок у робочих зонах із високим ризиком, таких як будівельні майданчики та шахти (рис. 1.14).

Сповіщення в режимі реального часу сповіщають працівників заводу про порушення ЗІЗ при вході на робоче місце – і в будь-який момент доби, коли вони працюють [14].



Рисунок 1.14 – Приклад розпізнання ЗІЗ системою PPE Detection

### 1.3.4 Urban Reconnaissance through Supervised Autonomy

Міська розвідка через контрольовану автономію (URSA) – це програма DARPA, спрямована на вдосконалення методів швидкого виявлення ворожих намірів та фільтрації загроз у складних міських умовах.

Концепція URSA полягає в розробці технологій, які дозволять автономним системам, що війська контролюють і експлуатують, виявляти ворожі сили і встановлювати позитивну ідентифікацію до того, як будь-які дружні війська

вступлять з ними в контакт. Програма URSA спрямована на подолання складності міського середовища, поєднуючи нові знання про людську поведінку, алгоритми автономності, інтегровані датчики, варіативність способів використання датчиків і вимірюванні людської реакції, щоб розрізнити тонкі відмінності між вороже налаштованими та невинними людьми [15].

Приклад розпізнавання системою URSA показано на рис. 1.15.



Рисунок 1.15 – Приклад розпізнавання системою URSA

Дані про дану розробку засекречені, тому відома лише розсекречена частина опублікована на офіційному сайті дослідницького агентства. Дані про українські системи розпізнавання теж відсутні у вільному доступі, в зв'язку з безпековими мірами, щоб протидіяти ворожій розвідці.

#### 1.4 Актуальність та недоліки

Системи розпізнавання об'єктів, які базуються на комп'ютерному зорі та штучному інтелекті, є одними з найважливіших інструментів у сучасних галузях, таких як безпека, військова справа, охорона здоров'я, автомобільна промисловість, рітейл та фінансові технології.

Їхня актуальність обумовлена такими ключовими аспектами як:

а) автоматизовані системи, такі як відеоаналітика та контроль доступу, використовують розпізнавання осіб і об'єктів для підвищення рівня безпеки в публічних місцях(аеропорти, стадіони та міські простори);

б) використання розпізнавання дозволяє швидко ідентифікувати підозрюваних або порушників, що значно скорочує час реагування на потенційні загрози;

в) у ритейлі системи розпізнавання одягу та інших атрибутів допомагають персоналізувати покупки, пропонуючи користувачам точні рекомендації на основі їхніх уподобань та стилю;

г) в автомобільній індустрії розпізнавання дорожніх знаків, пішоходів та інших транспортних засобів сприяє розвитку автономних систем водіння, підвищуючи безпеку на дорогах;

д) у медицині системи розпізнавання допомагають аналізувати медичні зображення та виявляти патології на ранніх стадіях. Це дозволяє швидко реагувати на критичні стани пацієнтів та поліпшує точність діагностики;

е) розпізнавання облич та інших біометричних даних використовується для верифікації особи під час проведення фінансових операцій, що підвищує безпеку користувачів і мінімізує ризики шахрайства.

Всі вище перелічені переваги знаходяться на тій чи іншій стадії розвитку, тому інженери з усіх країн досліджують та впроваджують покращення, що збільшує рівень комфорту, безпеки та автоматизації. З розвитком Інтернету, системи комп'ютерного зору стали показувати свій потенціал та надавати можливість користувачам, встановлювати посилені системи охорони, що значно підвищило рівень безпеки на підприємствах та в спеціалізованих закладах такі як школа, аеропорт тощо.

Найсучаснішими системами, що втілюють всі дані технології є платформи компанії Google – Vision API з розширеним спектром протоколів, також платформа Trueface, а також система PPE Detection. Вони надають змогу користувачеві віддалено через мережу інтернет аналізувати фото-, відео- файли,

однак дані платформи платні, або можуть використовуватися лише зі спеціалізованими камерами певного виробника.

Однак при дослідженні даної області знайдено ряд недоліків, які обмежують їхню універсальність та надійність:

- системи дуже чутливі до зовнішніх умов;
- поширене використання викликає стурбованість щодо захисту приватних даних;
- мала точність при розпізнанні малих об'єктів;
- алгоритми машинного навчання можуть демонструвати упередженість щодо певних груп людей (залежно від раси, статі, віку), оскільки моделі навчаються на історичних даних, які можуть містити перекося;
- високі вимоги до обчислювальних ресурсів;
- дуже чутливі до шуму у зображеннях,
- використання лише спеціалізованого обладнання;
- великий розмір навчених моделей.

### 1.5 Висновки до розділу

Попри всі досягнення в області розпізнавання об'єктів, сучасні системи потребують подальших досліджень та удосконалень для підвищення точності в складних умовах, покращення захисту приватності та зниження залежності від великих обчислювальних ресурсів.

Для зниження необхідної кількості ресурсів, пропонується розпізнавати об'єкти за певними визначними параметрами, що мають малу варіативність і високий рівень відповідності шуканим об'єктам.

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ

### 2.1 Опис об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження процесу автоматизованого моніторингу та виявлення несанкціонованих перетинів охоронюваних зон є програмно-апаратний комплекс, що забезпечує автоматичне виявлення, класифікацію та ідентифікацію людей за їхнім одягом та аксесуарами. Основна мета цього дослідження полягає в удосконаленні охоронної системи шляхом розробки ефективного програмного забезпечення з інтегрованим штучним інтелектом для автоматизованого моніторингу периметра, яке забезпечує точне виявлення та класифікацію об'єктів для своєчасного сповіщення про несанкціонований перетин охоронюваної зони.

До основних компонентів об'єкта розробки відносяться:

- модуль збору та попередньої обробки зображень;
- модуль глибокого навчання для розпізнавання одягу;
- модуль аналізу атрибутів;
- модуль розпізнавання дій та поведінки;
- система навчання та оновлення моделей;
- інтерфейс для користувача.

Ключовими технологіями, що використовуються при розробці є: комп'ютерний зір, глибоке навчання нейронних мереж та сегментація зображень.

До основних галузей застосування належать:

- у системах безпеки для виявлення та ідентифікації осіб за одягом у публічних місцях, на заходах з великою кількістю людей або для полегшення пошуку підозрюваних за описом їхнього одягу;
- у ритейлі для аналізу модних трендів, автоматичного складання каталогів одягу, персоналізованих рекомендацій для клієнтів на основі їхніх уподобань;

– у контролі доступу при інтеграції з системами ідентифікації для поліпшення безпеки в приватних або корпоративних приміщеннях.

Цей об'єкт розробки використовує сучасні алгоритми штучного інтелекту для створення ефективної системи розпізнавання, яка може бути застосована у різних галузях, від безпеки до ритейлу та аналізу споживчих тенденцій.

## 2.2 Постановка задачі

Створити веб-застосунок, що надає змогу користувачеві використовувати систему комп'ютерного зору для аналізу відеопотоків з метою пошуку об'єктів за певним типом одягу, а також виявляти несанкціоновані проникнення, шляхом автоматичного визначення алгоритмами ШІ на основі глибокого навчання.

Користувачами системи є авторизовані особи, що мають відповідний рівень доступу до системи комп'ютерного зору, є адміністратори, а також особи, що введені адміністраторами, як користувачі, рівень їх прав доступу регулює адміністратор.

### 2.2.1 Мета розвитку системи

З боку організації:

- надання нового сервісу для автоматизованого розпізнавання об'єктів за одягом, що відкриває нові можливості для моніторингу та аналізу поведінки;
- введення дистанційного моніторингу системи розпізнавання, що дозволяє контролювати її роботу та збір даних у реальному часі;
- підвищення комфортності та зручності використання системи завдяки оновленому інтерфейсу для управління даними та моніторингу.

З боку клієнта:

- надання можливості віддаленого керування системою розпізнавання одягу, що дозволяє оперативно реагувати на події або змінювати налаштування;

- спрощення процесу використання системи через інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та автоматизовану обробку даних;
- зменшення часу на збір та обробку інформації про людей за допомогою автоматизованого розпізнавання їхнього одягу та атрибутів;
- забезпечення довгострокового зберігання даних про розпізнані об'єкти та можливість доступу до історії для аналітики;
- надання можливості індивідуального налаштування прав доступу до системи для різних груп користувачів.

## 2.2.2 Основні функціональні можливості системи

### Фронтенд (для користувачів):

- вхід за індивідуальними даними, що були внесені до системи адміністраторами для доступу до системи;
- надання можливості вибору певної області (камера, зона спостереження) для аналізу і моніторингу;
- відображення актуальної інформації про стан об'єктів, що були ідентифіковані системою, включаючи тип одягу, колір та інші характеристики;
- можливість вибору та налаштування сценаріїв для аналізу зображень, включаючи виявлення специфічних типів одягу або аксесуарів;
- створення нових категорій одягу або стилів, які система може розпізнавати, з можливістю видалення застарілих елементів;
- можливість переглядати відео з камер спостереження та отримувати інформацію про розпізнані об'єкти, якщо користувач має відповідні права доступу;
- вмикання або вимикання функцій розпізнавання для певних камер або зон на основі налаштувань системи;
- доступ до інформації про кількість об'єктів, розпізнаних за певний період, включаючи їхні характеристики та категорії.

Бекенд (для організацій):

- управління доступом користувачів, призначення та зміна прав доступу для різних категорій користувачів (адміністраторів, операторів тощо);
- можливість додавання нових користувачів до системи або видалення наявних;
- додавання, редагування та видалення камер та інших пристроїв, які використовуються для збору відеоданих;
- реалізація функціоналу збору та обліку даних про розпізнані об'єкти для подальшої аналітики;
- генерація звітів про помилки в роботі системи, з метою поліпшення її функціональності та надійності.

### 2.2.3 Нефункціональні вимоги

Для інтерфейсу користувача повинні здійснюватися наступні вимоги:

- інтерфейс обов'язково має бути мультимовним, та містити базові мови: англійську (за замовчуванням) та українську;
- інтерфейс має коректно відображатися в Браузері з ширини більшої за 320 пікселів, довжина екрану не повинна впливати на адаптивність.

Застосунок повинен мати підтримку та повинен працювати на браузерах версії, яких становлять або перевищують вказані Google Chrome v.29, Mozilla Firefox v.20, Apple Safari v.9, Microsoft Edge v.12.

Вимоги до продуктивності:

- система повинна стабільно працювати з глибиною історії не менше ніж у 6 місяців;
- система повинна стабільно працювати при 100 одночасно підключених користувачах;
- система має відображати будь-яку форму за час, який не перевищує 15 секунд;

– система має відображати будь-який звіт за час, який не перевищує 3 хвилини.

#### 2.2.4 Вимоги безпеки

Ключовими вимогами безпеки є:

- система не повинна надавати фізичний доступ до інтерфейсу адміністратора користувачам, які не мають прав адміністратора;
- система не повинна дозволяти неавторизованим користувачам доступ до даних;
- під час додавання нового користувача система не дозволить завершити реєстрацію без правильного введеного адміністративного коду підтвердження;
- система повинна забезпечувати різні рівні доступу користувачів для захисту даних від небажаних дій та запобігання несанкціонованому управлінню.

#### 2.3 Архітектура системи

Система має вміти аналізувати зображення та відеопотоки, розпізнаючи людей на основі їхнього одягу. Це дозволить ідентифікувати особи або групи людей за їхнім стилем одягу, кольором, формою та іншими атрибутами.

Для досягнення високої точності розпізнавання система має використовувати алгоритми машинного навчання, глибокі нейронні мережі та технології комп'ютерного зору. Це забезпечить аналіз великої кількості параметрів, таких як текстура одягу, аксесуари та загальний стиль.

Система проєктується таким чином, щоб бути модульною і легко масштабованою, дозволяючи додавати нові функції або розширювати обсяги оброблюваних даних. Вона зможе інтегруватися з іншими системами, такими як камери спостереження або системи управління доступом.

Структурна схема будови системи розпізнавання образів показана на рис.2.1

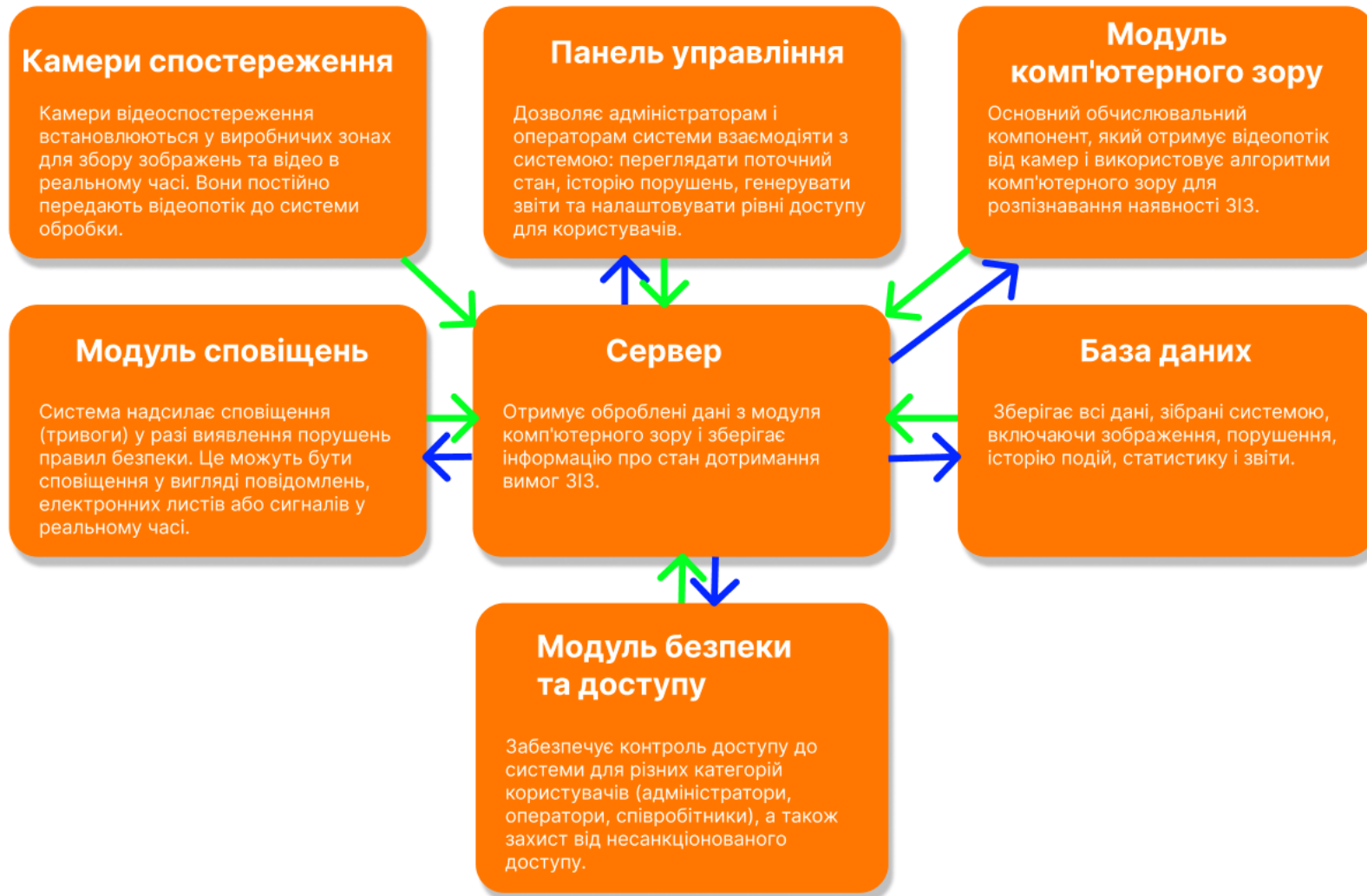


Рисунок 2.1 – Структурна схема будови системи розпізнавання PPE Detection

Забезпечення конфіденційності даних користувачів та захист від несанкціонованого доступу до системи є ключовим аспектом проектування. Це передбачає використання шифрування та контроль доступу на основі рівнів прав користувачів.

Враховавши всі вище перелічені функції та вимоги, що повинна вміти реалізовувати система, а також структурну схеми системи розпізнавання, було розроблено IDF0 діаграму, та представлено на рисунку 2.2.

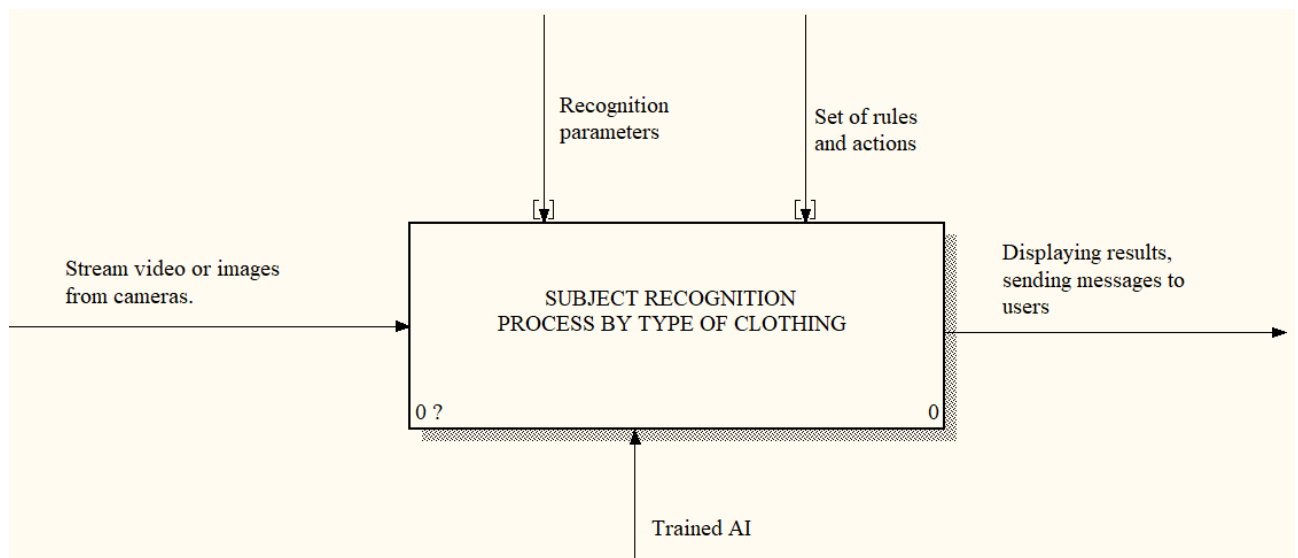


Рисунок 2.2 – IDF0 діаграма процесу розпізнавання суб'єкта за типом одягу

З рис. 2.2 ми можемо спостерігати загальну схему роботи програми, за якої в програму має бути внесено набір правил та дій відносно яких відбуватиметься відображення результатів та відправка повідомлень користувачам, а також навчений на відповідних прикладах ШІ для подальшого розпізнання суб'єктів, що будуть з'являтися у вхідному потоці зображень чи відео, відповідно потрібно також вказувати параметри розпізнавання (форма, колір, ін.). Однак дана діаграма є дуже узагальненою, тому для більшого розуміння проведемо декомпозицію та результат представимо на рис. 2.3.

В результаті декомпозиції основного процесу визначено 5 підпроцесів: збір даних з камер; попередня обробка зображень; розпізнання типу одягу; пост-обробка та збереження результатів; візуалізація та повідомлення користувача.

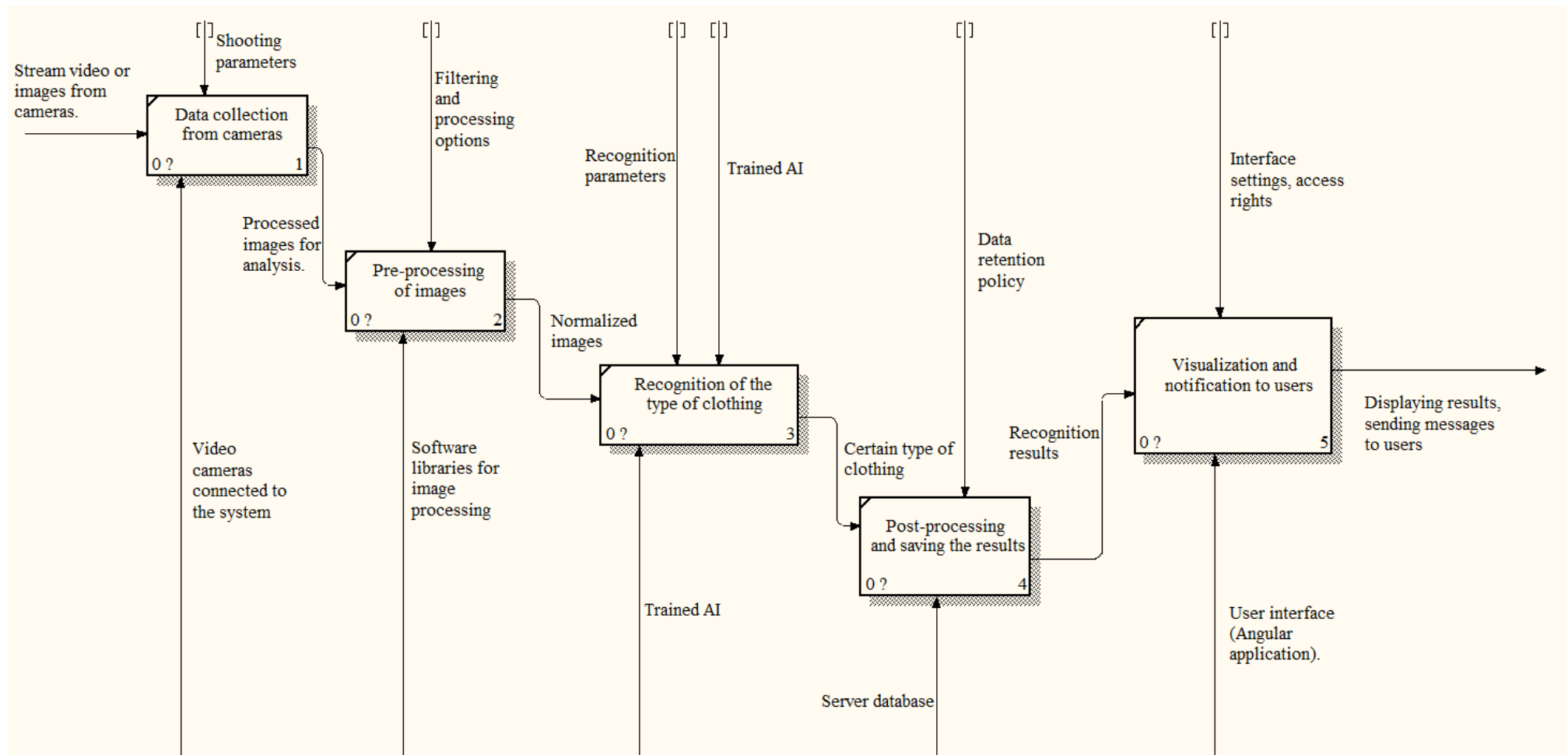


Рисунок 2.3 – Декомповована IDF0 діаграма процесу розпізнавання суб'єкта за типом одягу

## 2.4 Висновки до розділу

При проектуванні архітектури системи, здійснено опис об'єкта досліджень, а також постановлено задачу досліджень з ціллю виконання мети кваліфікаційної роботи та досягненню нових наукових результатів. В ході постановлення задачі визначено: основну мету розвитку системи, основні функціональні можливості та нефункціональні вимоги до проєктованої системи.

В результаті виконання всіх вище перелічених дій, було визначено ключові складові архітектури та побудовано її структурну схему, для кращого сприйняття загальну структурну схему було декомпозовано, на більш детальну схему з відображенням вхідних та вихідних даних з використанням механізмів та елементів управління, що потрібні для виконання кожного етапу розпізнавання образів.

### **3 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЛЮДЕЙ ЗА ТИПОМ ОДЯГУ**

Розпізнавання осіб за типом одягу є однією з актуальних задач у сфері комп'ютерного зору та штучного інтелекту. Ця технологія знаходить застосування в різних галузях, таких як ритейл, безпека, транспорт та військова сфера, де автоматизація процесів аналізу зовнішнього вигляду людей може значно підвищити ефективність систем моніторингу та контролю.

Роботизоване виробництво є досить закритою територією для знаходження в ній або при перетині її території несанкціонованими особами. При чому навіть для окремих приміщень мають існувати правила знаходження робітників, тому що при роботі роботизованої ділянки можуть виникати небезпечні для людини фактори та події, що можуть спричинити загрозу для життя людини, тому виявлення осіб в автоматичному порядку дозволить попередити та зменшити ризики для роботи працівників, а також дозволить посилити охорону.

Проєктування застосунку передбачає розробку інтелектуальних алгоритмів, здатних аналізувати візуальні ознаки та класифікувати типи одягу на основі зображень. Основними викликами при проєктуванні є забезпечення високої точності розпізнавання, адаптивність до різних умов зйомки, а також стійкість до зовнішніх факторів, таких як освітлення або зміна ракурсу. У цьому розділі розглядається архітектура застосунку, етапи її розробки, вибір відповідних алгоритмів машинного навчання, та методи інтеграції ШІ для забезпечення точного та швидкого аналізу зображень.

В результаті проєктування програмного застосунку виділено основні складові частини:

- навчання моделі ШІ та її інтеграція до алгоритмів аналізу відео;
- розробка серверних сервісів управління;
- розробка бази даних;
- розробка інтерфейсу користувача.

Схема взаємодії компонентів проєктованого застосунку показано на рис. 3.1.

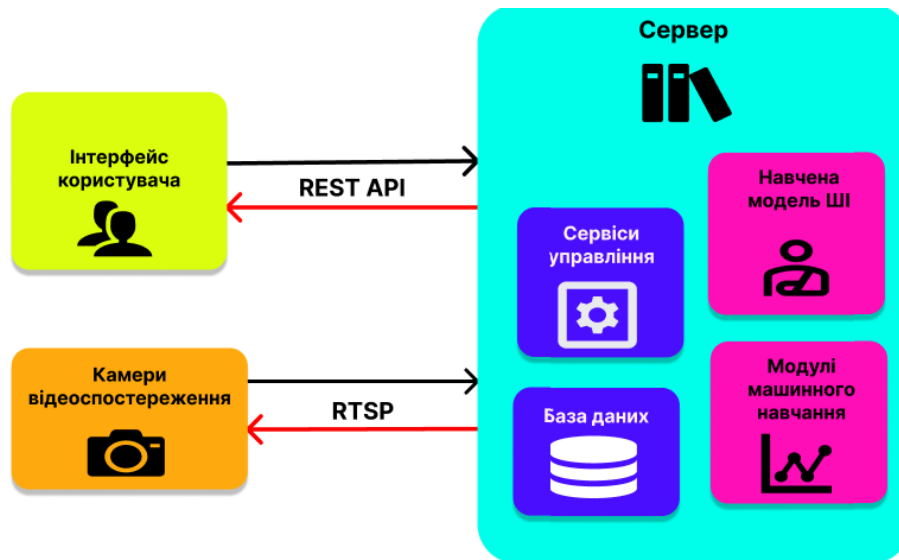


Рисунок 3.1 – Схема взаємодії компонентів проєктованого застосунку

### 3.1 Навчання моделі ШІ

Навчання моделі штучного інтелекту є одним із ключових етапів у розробці системи комп'ютерного зору. На даному етапі створюється алгоритм, здатний розпізнавати людей і класифікувати їх за типом одягу з високою точністю. Успіх навчання моделі залежить від правильної підготовки даних, вибору архітектури моделі, налаштування параметрів навчання та тестування.

Процес навчання можна розділити на кілька основних етапів:

- а) підготовка набору даних (включає в себе створення або використання вже існуючих баз даних із зображеннями людей у різних типах одягу);
- б) нормалізація, аргументація та розділення даних на тренувальні, валідаційні та тестову вибірки;
- в) налаштування архітектури нейронної мережі для задачі класифікації;
- г) тренування моделі з використанням сучасних алгоритмів оптимізації для навчання нейронної мережі на базі підготовлених даних;

д) перевірка якості моделі на тестових даних і внесення покращень для підвищення точності.

При підготовці набору вхідних даних можна використовувати готові рішення такі, як COCO Dataset, Open Images Dataset, PASCAL VOC, або ж створити власний набір зображень, що чітко відповідатиме задачі. Останнє потребує затрати часу на знаходження екземплярів, однак при цьому матиме кращі результати при навчанні моделі під специфічні потреби.

Для навчання моделі мною було підготовлено власний набір зображень для кожної з категорій, а саме:

- пожежники – 1000 шт;
- працівники швидкої допомоги – 1000 шт;
- поліцейські – 1000 шт;
- працівники підприємства – 1000 шт;
- військові – 1000 шт;
- люди без спеціального одягу – 1000 шт.

Приклад зображень для навчання системи приведено на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Приклад зображень для тренування системи

Далі одним із найголовніших етапів є вибір готових технологій, застосунків або створення власного алгоритму навчання за допомогою мови

програмування Python. Так як метою роботи є проведення дослідження для удосконалення охоронної системи, а не розробка власного алгоритму навчання ШІ моделі, то в роботі буде використано готовий інструмент компанії Google – Teachable Machine.

Teachable Machine – це веб-інструмент, який дозволяє швидко та легко створювати моделі машинного навчання для ваших проектів без необхідності кодування. Навчіть комп'ютер розпізнавати зображення, звуки та пози, а потім експортуйте модель для своїх сайтів, програм тощо [22].

В даному інструменті можна, додавати приклади зображень та надавати їм відношення до певного класу, можна змінювати параметри навчання такі, як кількість епох(циклів навчання), розмір пакету (на скільки пакетів буде поділено всі екземпляри одного класу) та швидкість навчання моделі. Всі вище описані параметри необхідно регулювати для оптимізації процесу навчання, щоб в результаті модель була достатньо навченою, а час навчання наближався до мінімального значення. Все це необхідно для оптимізації процесу, адже навчання відбувається на локальному пристрої (його параметри теж потрібно враховувати). Рекомендованими вимога до ПК на якому буде проводитися навчання є :

- ЦП Intel 7100, AMD Ryzen 3100 або новіші;
- об'єм оперативної пам'яті 8 ГБ або більше;
- відеокарта Nvidia GTX970 або краще.

Модель повинна бути достатньо навченою, це означає, що навчена модель реагує на чіткі, особливі ознаки та не звертає увагу на другорядні деталі такі, як фон, освітлення та ін.

При перенавчанні моделі виникає ефект часткового або повного звірення тестового зображення з тренувальним, що зменшує чіткість розпізнавання та може призвести до втрати можливості розпізнавання зображень, що не відповідають тренувальним даним. Приклад перенавчання показано на рис. 3.3.

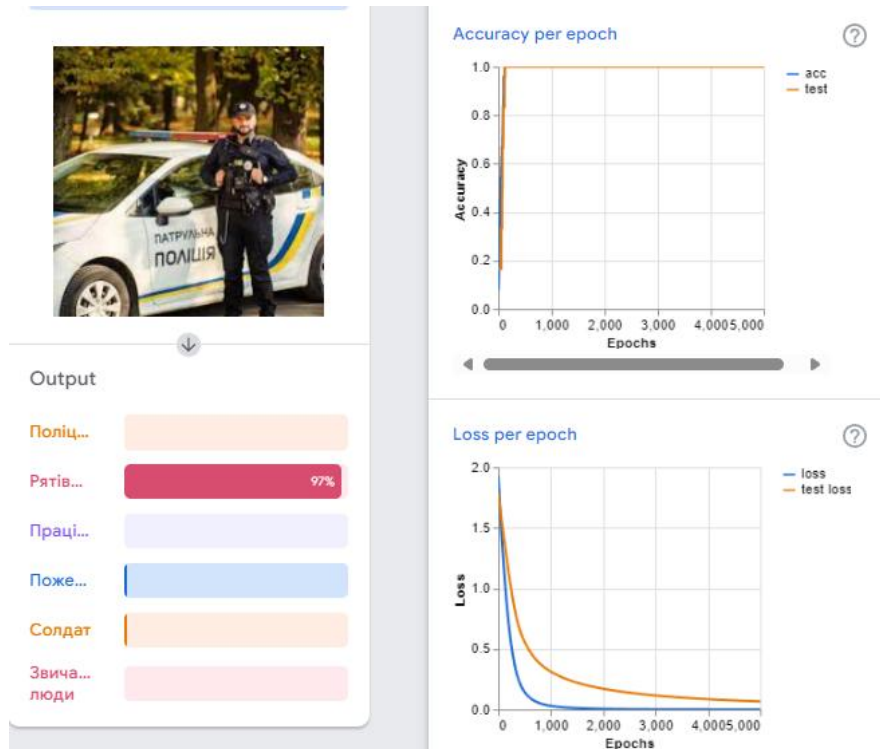


Рисунок 3.3 – Приклад перенавчання

При недостатньому навчанні системи, виникає ефект розмиття, що призводить до втрати можливості розпізнання особливих деталей об'єкта. Приклад недовченої системи показано на рис. 3.4.

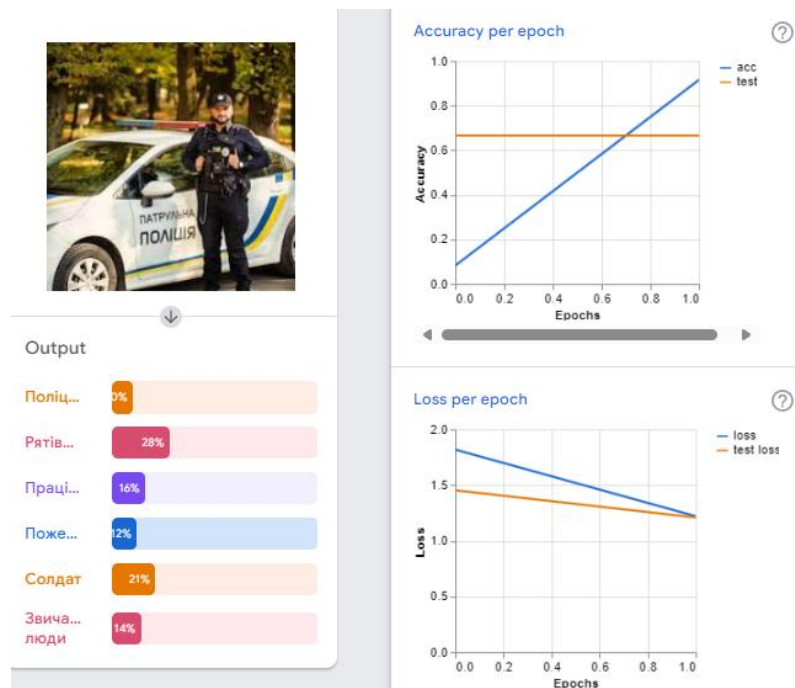


Рисунок 3.4 – Приклад недостатнього навчання

Для оптимального навчання, було підібрані наступні параметри: кількість епох – 7, розмір пакета – 64 зображення, швидкість навчання – 0,0001, в результаті час навчання моделі склав 7 с. при вхідній кількості зображень 6000 одиниць.

При збільшенні кількості вхідних даних, можна збільшувати пакет, однак к-сть зразків для кожного класу має варіюватися в діапазоні  $\pm 10\%$  від середньо-арифметичної кількості екземплярів всіх класів. При навчанні моделі інструмент дозволяє генерувати матрицю помилок (рис. 3.5), графік точності розпізнавання за епоху (рис. 3.6) та графік втрат за епоху (рис. 3.7).

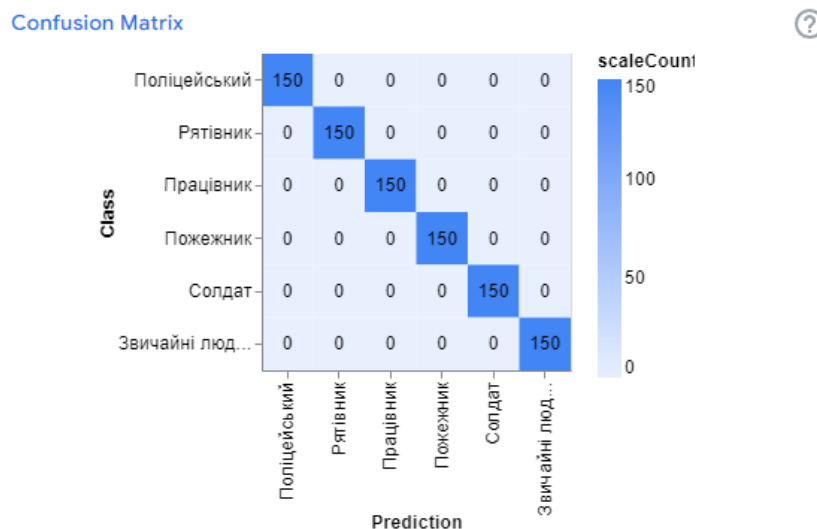


Рисунок 3.5 – Матриця помилок

У матриці помилок представлені зведені дані у тому, наскільки точні прогнози моєї моделі. За цією матрицею можна визначити, у яких класах виникають помилки.

Вісь Y (Клас) представляє клас ваших зразків. Вісь X (прогнозування) представляє клас, в який навчена модель зможе визначати зразки. Наприклад, якщо клас зразка – "Апельсин", а прогнозування для нього – "Грейпфрут", значить після навчання модель неправильно класифікувала зразок. Швидше за все, у двох класів є схожі характеристики і конкретний зразок "Апельсин" більше схожий на приклади класу "Грейпфрут".

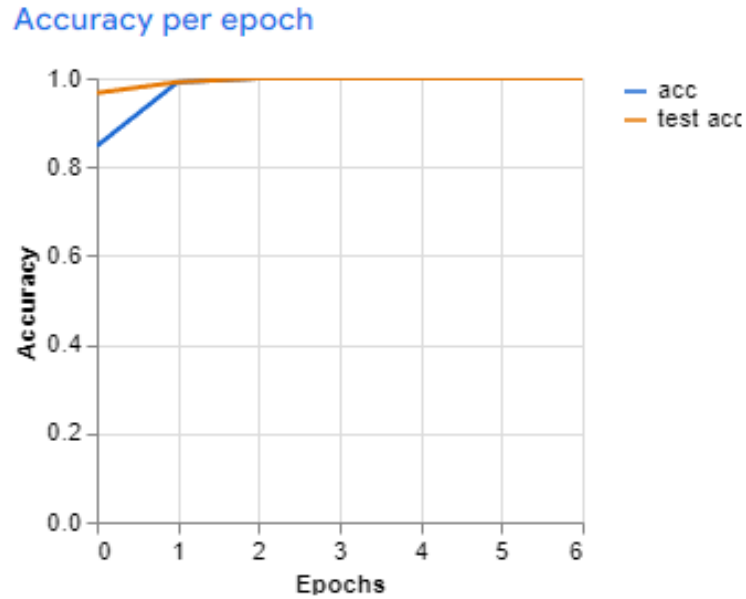


Рисунок 3.6 – Графік точності розпізнавання за епоху

Точність – це відсоток класифікацій, які вгадує модель під час навчання. Якщо модель класифікує 70 зразків зі 100, її точність буде 70%.

Якщо модель дає правильний прогноз, точність дорівнює одиниці. В іншому випадку точність менша.

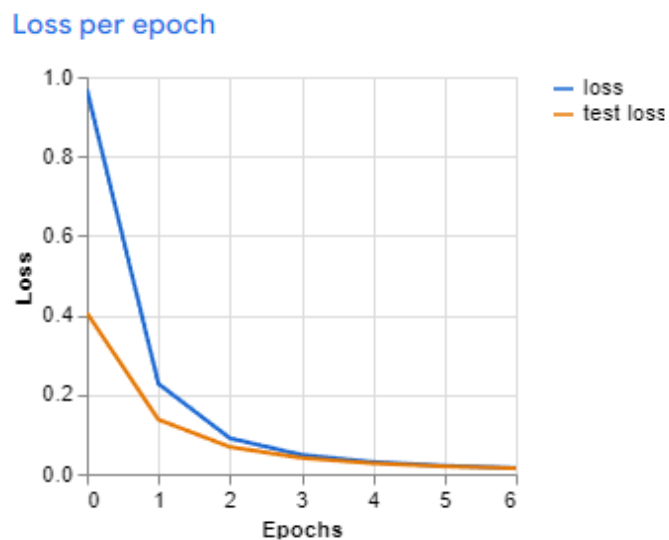


Рисунок 3.7 – Графік втрат за епоху

Втрата дозволяє оцінити, як добре модель навчилася класифікувати набори зразків, якщо модель дає правильний прогноз, втрата дорівнює нулю.

Після навчання моделі було проведено тестування, показано на рис. 3.8.

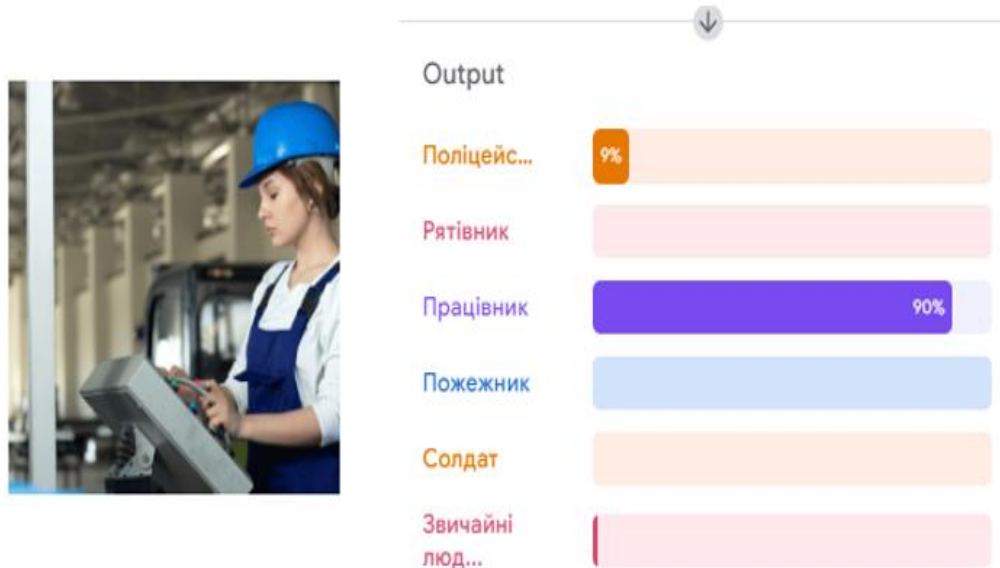


Рисунок 3.8 – Результат розпізнавання тестового зразка

### 3.2 Проектування бази даних для застосунку

Розробка бази даних є важливим етапом створення застосунку, що забезпечує ефективне зберігання, обробку та управління даними. Для системи, яка аналізує вхідний потік даних у реальному часі, ідентифікує людей та класифікує їх за типом одягу, база даних повинна бути надійною, масштабованою та забезпечувати швидкий доступ до інформації.

У цьому розділі описано етапи проектування бази даних, визначення її структури, взаємозв'язків між таблицями, а також принципи оптимізації для забезпечення швидкодії та безпеки роботи системи.

#### 3.2.1 Визначення основних бізнес-правил

Бізнес-правила, для бази даних системи комп'ютерного зору для визначення осіб за типом одягу на роботизованому виробництві, наступні:

- зберігання даних, рівнів доступу співробітників, що мають доступ до системи захисту;

- забезпечення контролю відповідності одягу: для кожного запису в базі даних повинно бути визначено, які типи одягу є обов'язковими для конкретної зони виробництва, при виявленні невідповідності між зафіксованим типом одягу та вимогами інформація про порушення передається до системи сповіщень;

- забезпечити збереження історії ідентифікації: усі події розпізнавання осіб та їхнього одягу мають зберігатися в базі з вказівкою часу, дати, ідентифікатора одягу, зони доступу та результату перевірки, при цьому журнал подій має бути доступним для аналізу безпеки та аудиту;

- забезпечити обмеження на зміну даних, зміни до записів про співробітників, правила доступу та історію подій можуть виконувати лише користувачі з адміністративними правами;

- забезпечувати можливість своєчасної оновлення інформації, дані про дозволені типи одягу мають бути актуальними відповідно до змін у правилах безпеки та стандартів виробництва;

- забезпечувати автоматичне ведення обліку входу до системи;

- збереження та аналіз порушень, дані про випадки невідповідності одягу мають бути збережені для формування звітів про порушення БД повинна підтримувати механізми фільтрації та сортування таких записів для проведення аналізу;

- забезпечувати можливість інтеграцію з іншими системами, БД повинна мати можливість інтегруватися з системою управління виробництвом та охоронними системами для спільного використання даних;

- забезпечувати безпеку даних шляхом шифрування конфіденційної інформації, використання механізмів автентифікації та контролю доступу, а також резервного копіювання даних для запобігання втрати інформації.

Ці бізнес-правила було враховано при розробці ПЗ і відповідно до них налаштовано базу даних для задоволення вимог функціональності та безпеки.

### 3.2.2 ER-моделювання

ER-модель – це модель даних, яка використовується для опису концептуальних схем предметної області. Вона служить основою для високорівневого (концептуального) проектування баз даних, дозволяючи ідентифікувати ключові сутності та визначати зв'язки між ними. У процесі проектування баз даних ER-модель трансформується у конкретну схему бази даних, відповідно до обраної моделі даних.

ER-модель є формальною концепцією, яка сама по собі не має визначених графічних засобів для візуалізації. Однак для зручності було запропоновано стандартну графічну нотацію – діаграму «сутність–зв'язок», яка використовується для наочного представлення ER-моделі.

Часто поняття «ER-модель» і «ER-діаграма» вживаються як синоніми, хоча існують й інші способи графічної візуалізації ER-моделей або можливість їх опису без використання графічних засобів.

З урахуванням проведеного аналізу предметної області були виділені наступні сутності, представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Опис сутностей бази даних

Назва сутності	Опис та обґрунтування
Приклади	Зберігає інформацію про шлях до файлу зображення, особливе позначення, відповідність до певної категорії, додатковий опис дата та час додання до реєстру.
Користувачі	Зберігає інформацію про прізвище, ім'я ,пароль користувача, посаду, рівень доступу та дату і час останньої авторизації. Потрібна для реалізації процедури авторизації користувача, для отримання доступу до системи відповідно наявних прав.

Кінець таблиці 3.1

Назва сутності	Опис та обґрунтування
Приклади	Потрібна для зберігання інформації про зображення, що будуть використанні для навчання моделі.
Журнал подій	Зберігає інформацію про події, що відбулася в системі, її опис, а також дата й час запису події до журналу. Потрібна для ведення обліку та зберігання інформації події, що відбуваються у процесі роботи системи.
ШІ модель	Зберігає інформацію про назву моделі, дату й час створення та оновлення, а також інформацію про версію моделі та шлях до її файлів. Потрібна для групування доданих моделей та забезпечення гнучкої зміни активної моделі розпізнання.
Камера	Зберігає інформацію про номер камери, її тип та фізичне розташування. Потрібна для фіксування визначеної камери за її фізичним розташуванням.
Результат розпізнавання	Зберігає інформацію про розпізнаний об'єкт, відсоток розпізнавання та час розпізнавання. Потрібна для ведення запису всіх розпізнаних об'єктів.

Опис зв'язків між сутностями, які наведені у таблиці 3.1, представлений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Опис зв'язків між сутностями бази даних

Сутність	Зв'язок	Сутність	Тип зв'язку
Користувач	Додає	Приклади	1:M
Користувач	Виконує дії	Журнал подій	1:M
Приклади	Належать	Камері	N:1
ШІ модель	Має	Приклади	N:M

Кінець таблиці 3.2

Сутність	Зв'язок	Сутність	Тип зв'язку
III модель	Виконує	Результат розпізнавання	1:M
Камера	Має журнал	Результат розпізнавання	1:M
Журнал подій	Містить	Результат розпізнавання	1:M

Детальний опис зв'язку приведений нижче:

- а) користувач може додавати багато нових прикладів зображень, проте один приклад може бути доданий лише одним користувачем;
- б) користувач може виконувати багато дій, що будуть записані до журналу, одна виконана дія може належати тільки одному користувачу;
- в) багато прикладів зображень належать одній камері, однак один приклад належить лише одній камері;
- г) одна III модель може мати багато прикладів для навчання, проте один приклад для навчання може бути використаний багатьма моделями;
- д) одна III модель може виконати багато результатів розпізнавання, проте один результат розпізнавання належить лише одній моделі III;
- е) одна камера може мати багато результатів розпізнавання, однак один результат розпізнавання належить лише одній камері;
- ж) багато результатів розпізнавання міститься в одному журналі подій, проте один результат розпізнавання одночасно може знаходитися тільки в одному журналі.

В ході проєктування ER-моделі для системи комп'ютерного зору для визначення осіб за типом одягу на роботизованому виробництві, було визначено основні сутності та описано зв'язки між ними, в результаті було знайдено всі необхідні складові для створення ER-моделі. Створену ER-модель бази даних

«системи комп'ютерного зору для визначення осіб за типом одягу на роботизованому виробництві» показано на рисунку 3.9.

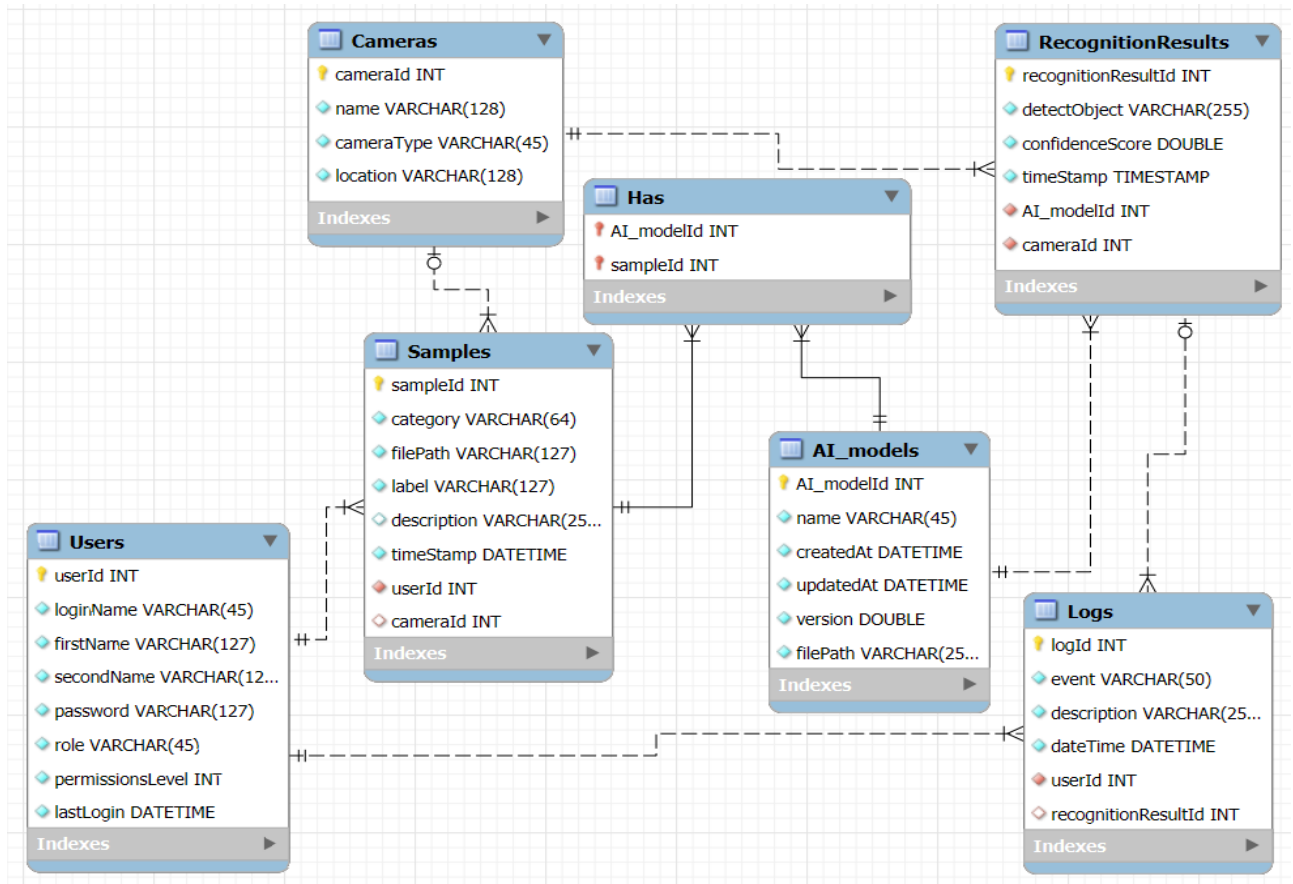


Рисунок 3.9 – ER-модель бази даних «системи комп'ютерного зору для визначення осіб за типом одягу на роботизованому виробництві»

### 3.3 Проектування взаємодії клієнтської та серверної частини

Для реалізації клієнтської частини планується використати один із сучасних актуальних фреймворків – Angular. Завдяки специфічним особливостям його використання, встановлення та створення застосунку здійснюється згідно з алгоритмом, викладеним в офіційній документації фреймворку.

Взаємодія сервера з базою даних є доволі складним процесом, що вимагає ретельного підходу під час проектування. У контексті дослідження системи комп'ютерного зору для визначення осіб за типом одягу на роботизованому

виробництві створення діаграми класів, яка відображає взаємодію між сервером і базою даних, є надзвичайно доцільним. Це рішення забезпечує низку переваг:

- діаграма класів дає зрозуміле та наочне представлення структури системи, демонструючи, як класи сервера взаємодіють із базою даних, а також відображає їхні методи та атрибути;

- допомагає виявити залежності між класами, показуючи, які класи взаємодіють між собою і як дані передаються між сервером і базою даних. Це дозволяє краще зрозуміти взаємозв'язки всередині системи;

- діаграма класів забезпечує чітке розуміння функцій кожного класу, зокрема обробки даних, автентифікації тощо. Це спрощує розподіл обов'язків та полегшує роботу з логікою системи;

- слугує ефективним інструментом для управління проектом, даючи можливість команді бачити загальну картину системи, розподіляти роботу між компонентами та контролювати прогрес розробки;

- діаграма класів виконує роль документації, яку можна використовувати для пояснення структури системи, взаємодії з іншими розробниками, аналізу коду та підтримки системи.

З огляду на зазначені переваги, було створено діаграму класів, що відображає взаємодію сервера з базою даних (рис. 3.10).

Для забезпечення взаємодії між клієнтською та серверною частинами необхідно розробити сервіси, кожен з яких виконує певні функції обміну даними з сервером. З цією метою створено діаграму класів, що демонструє взаємодію між двома частинами застосунку (рис. 3.13). Ця діаграма доповнює діаграму класів, що відображає зв'язок сервера з базою даних.

На створеній діаграмі класів (рисунок 3.10) приведено взаємодію між класами, які дані зберігаються, та які функції виконуються. Для більш широкого розуміння процесів, що відбуваються, потрібно створити часткові діаграми послідовностей (sequence diagram), для 2 основних прецедентів: «розпізнавання об'єкта», «додання нового прикладу зображення».

Class diagram of interaction between server and database

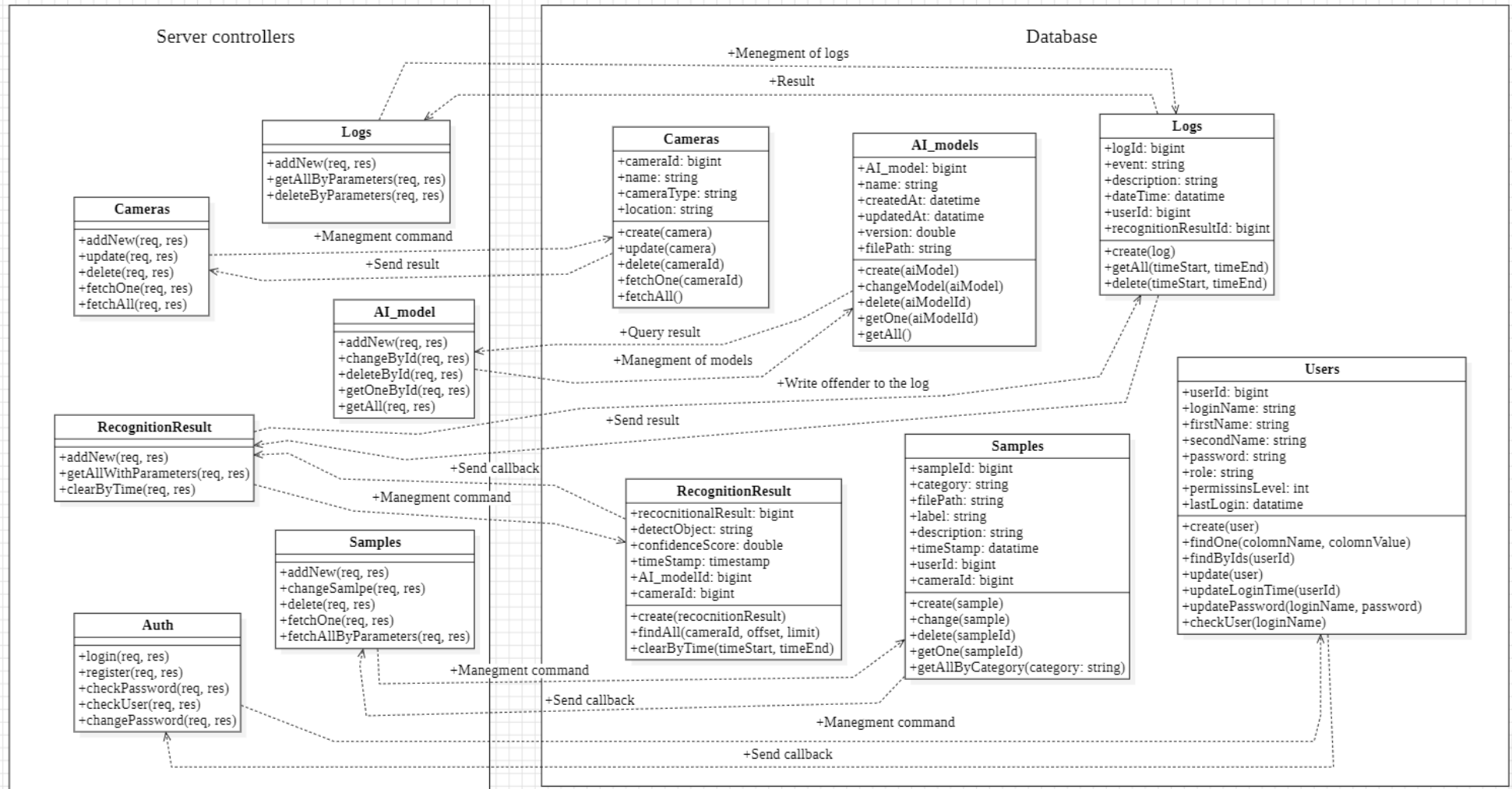


Рисунок 3.10 – Діаграма класів взаємодії між сервером та базою даних

На часткових діаграмах (рис. 3.11 - 3.12) показано, які дії відбуваються, в якій послідовності вони виконуються та показано кінцевий результат виконання.

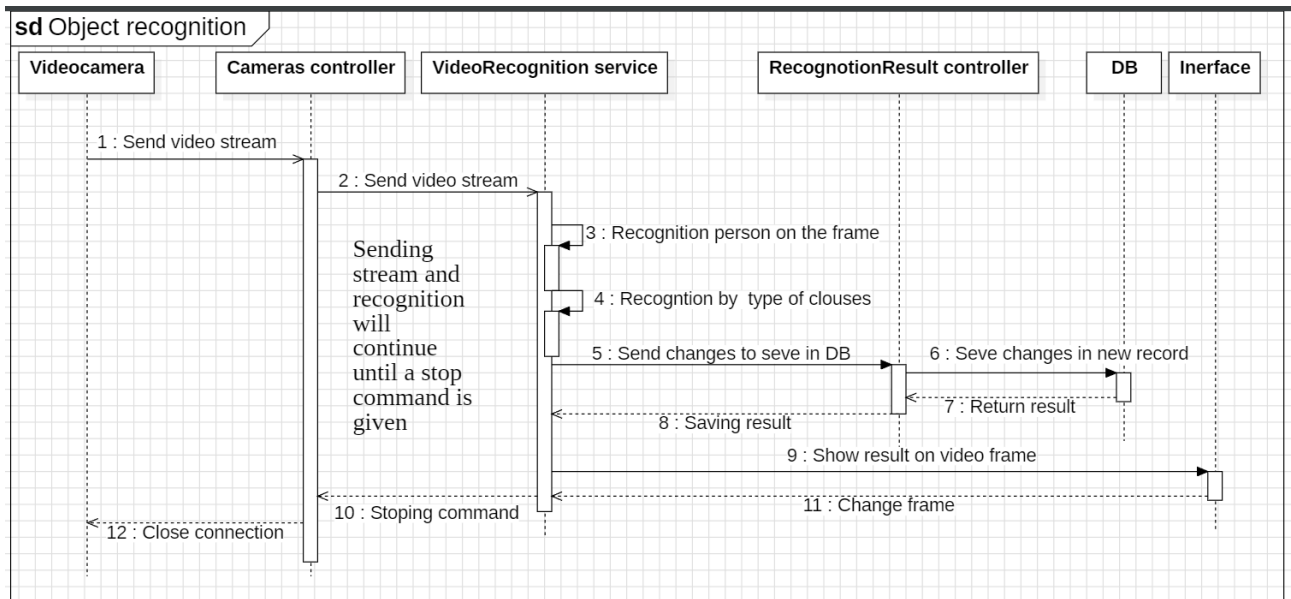


Рисунок 3.11 – Часткова діаграма послідовностей прецеденту «Розпізнавання об'єкту»

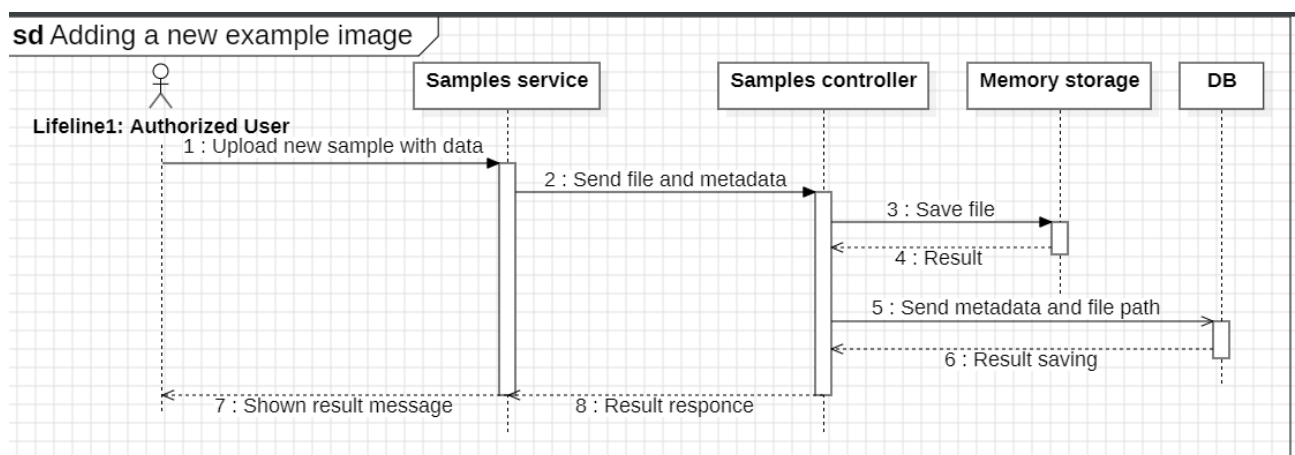


Рисунок 3.12 – Часткова діаграма послідовностей прецеденту «Додання нового прикладу зображення»

Так, як основною метою роботи є дослідження роботи системи розпізнавання в автоматизованому режимі, за рахунок використання навчених ШІ моделей, то інші прецеденти буде визначено як менш важливі, або схожі за виконанням з частковою діаграмою показаною на рисунку 3.12.

Class diagram of interaction  
between server and client parts

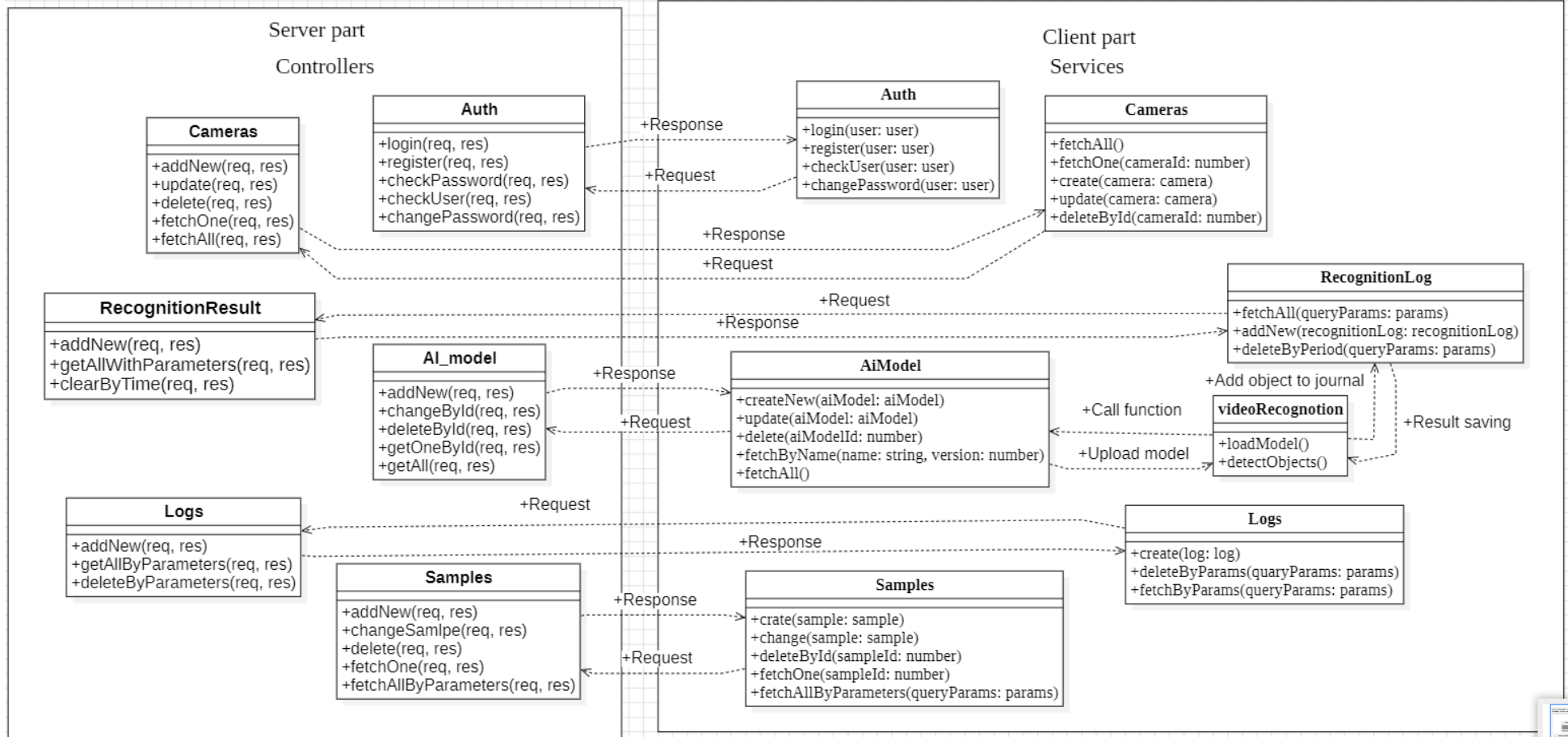


Рисунок 3.13 – Діаграма класів взаємодії між серверною та клієнтською частинами

### 3.4 Комп'ютерне моделювання системи автоматичного управління для розпізнавання осіб за типом одягу

Розроблення інтелектуальних засобів комп'ютерного зору для роботизованого виробництва потребує створення автоматичної системи управління (САУ), яка забезпечує ефективну ідентифікацію осіб за типом одягу.

Завданням моделювання є аналіз і оптимізація процесу розпізнавання в реальному часі, інтеграція алгоритмів штучного інтелекту (ШІ) для класифікації типів одягу та забезпечення стабільної роботи системи в умовах змін зовнішнього середовища.

Для виконання завдання необхідно:

- а) побудувати математичну модель процесу розпізнавання, яка враховує взаємодію всіх компонентів;
- б) визначити критерії якості роботи системи:
  - 1) точність (відсоток правильно класифікованих осіб);
  - 2) час реакції (затримка між надходженням зображення та відображення результату);
  - 3) стійкість (здатність системи коректно працювати при зміні зовнішніх умов);
- в) налаштувати параметри компонентів системи для досягнення найкращих результатів.

На (рис. 3.14) кожен контур системи регулювання моделі розпізнавання має регулятори шумів, кількості ознак (характеристики одягу, колір, текстура тощо) та параметрів навчання системи  $W_{PN}$ ,  $W_{PS}$ ,  $W_{PP}$  і об'єкти регулювання  $W_{P1}$ ,  $W_{P2}$ ,  $W_{P3}$ . Кожен внутрішній контур регулювання підлягає оптимізації, тобто такого вибору параметрів регулятора, при якому задовольняється задана якість регулювання. Регулятор у контурі управління зазвичай виступає як послідовна коригувальна ланка. Його передавальна функція залежить від структури та параметрів відповідної ланки об'єкта управління, а також від обраного критерію оптимізації контуру.

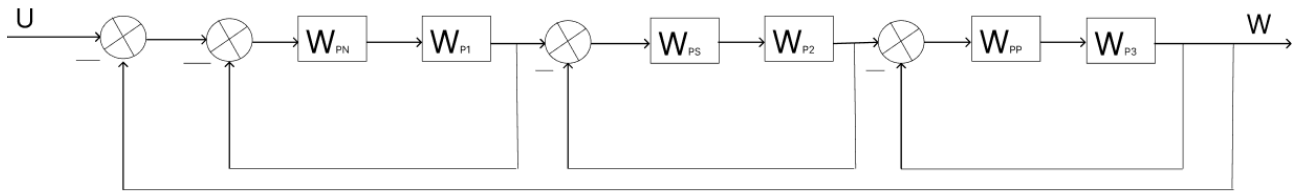


Рисунок 3.14 – Система регулювання моделі розпізнання

Для кожного внутрішнього контуру регулювання проводиться оптимізація, що передбачає вибір таких параметрів регулятора, які забезпечують задану якість управління.

Під якістю управління розуміється перехідний процес системи при ступінчастому входному сигналі, що характеризується певним рівнем перерегулювання та швидкодії. Серед критеріїв оптимізації найбільш поширеними є модульний і симетричний.

Модульний критерій оптимізації передбачає перехідний процес із певним перерегулюванням під час відпрацювання ступінчастого входного сигналу. У такому випадку передавальна функція замкненого контуру з регулятором зводиться до вигляду коливальної ланки з коефіцієнтом демпфірування.

Передавальна функція кожного контуру записується у стандартному вигляді:

$$W(s) = \frac{K \cdot F(s)}{1 + K \cdot F(s)}, \quad (4.1)$$

де  $W(s)$  – передавальна функція замкненого контуру;

$F(s)$  – передавальна функція відкритого контуру (об'єкт регулювання);

$K$  – коефіцієнт підсилення регулятора.

Система регулювання моделі розпізнання має три внутрішні контури регулювання: контур шумів ( $W_{PN}$ ), контур ознак ( $W_{PS}$ ) та контур параметрів навчання ( $W_{PP}$ ).

Передавальна функція відкритого контуру  $W_{PN}$ :

$$F_{W_{PN}}(s) = \frac{1}{T_1 s + 1}, \quad (4.2)$$

де  $T_1$  – часова стала фільтрації шуму.

Передавальна функція відкритого контуру  $W_{PS}$ :

$$F_{W_{PS}}(s) = \frac{K_p}{T_2 s + 1}, \quad (4.3)$$

де  $K_p$  – часова стала фільтрації шуму.

Передавальна функція відкритого контуру  $W_{PP}$ :

$$F_{W_{PP}}(s) = \frac{1}{T_3 s^2 + 2\xi T_3 s + 1}, \quad (4.4)$$

де  $T_3$  – часова стала навчання моделі;

$\xi$  – коефіцієнт демпфірування.

Для кожного контуру визначаються критерії якості у вигляді перехідних процесів. Стандартні характеристики: перерегулювання ( $M$ ), час регулювання ( $t_r$ ), похибка ( $e$ ).

Критерій швидкодії:

$$t_r = \frac{4}{\omega_0}, \quad (4.5)$$

де  $\omega_0 = \frac{1}{T}$  — власна частота коливань.

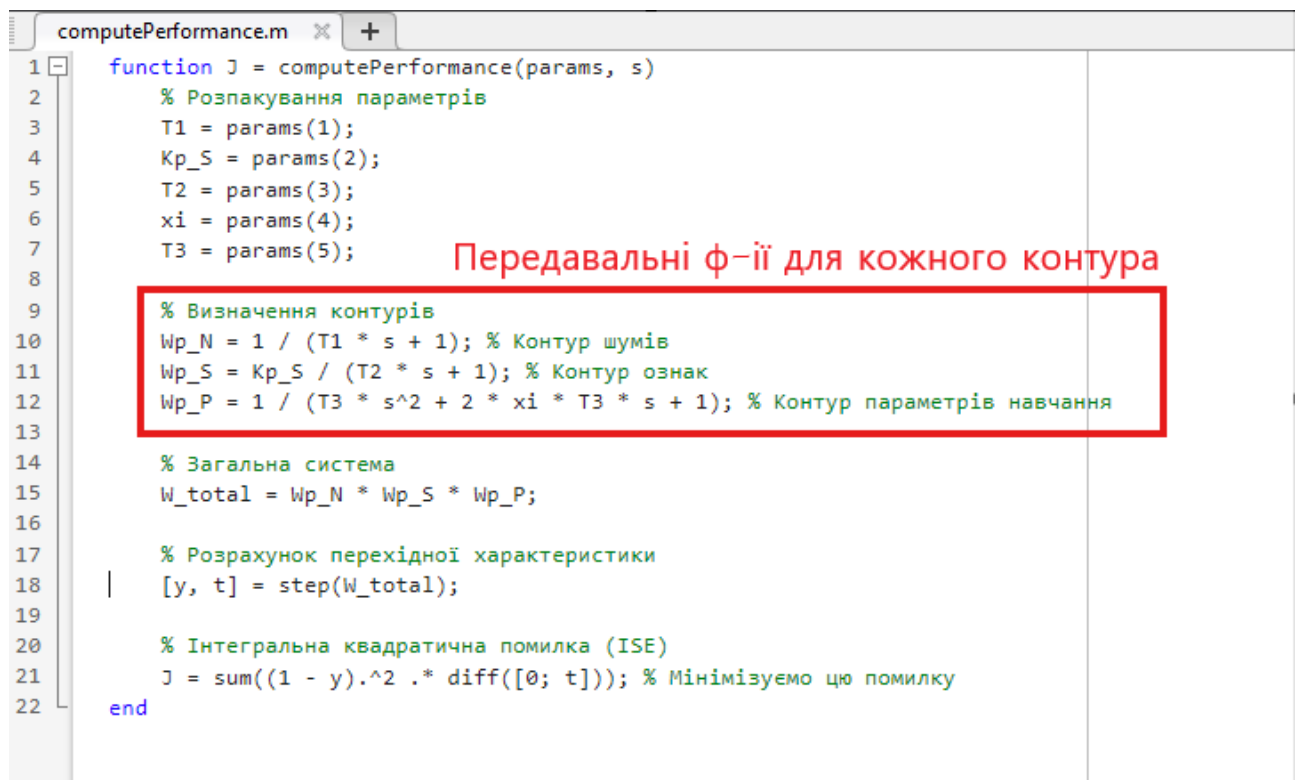
Для стійкості контуру корені характеристичного рівняння повинні лежати в лівій півплощині. Для замкненої системи це:

$$s^2 + 2\xi\omega_0 s + \omega_0^2 = 0. \quad (4.6)$$

Інтегральний критерій мінімізує похибку:

$$J = \int_0^{\infty} e^2(t) dt. \quad (4.7)$$

Для проведення розрахунків та моделювання, було використано середовище MathLab. Для оцінки перехідного процесу та подальшої оптимізації (мінімізації перехідного процесу), створено функцію computePerformance (рис. 3.15).



```

1 function J = computePerformance(params, s)
2     % Розпакування параметрів
3     T1 = params(1);
4     Kp_S = params(2);
5     T2 = params(3);
6     xi = params(4);
7     T3 = params(5);
8
9     % Визначення контурів
10    Wp_N = 1 / (T1 * s + 1); % Контур шумів
11    Wp_S = Kp_S / (T2 * s + 1); % Контур ознак
12    Wp_P = 1 / (T3 * s^2 + 2 * xi * T3 * s + 1); % Контур параметрів навчання
13
14    % Загальна система
15    W_total = Wp_N * Wp_S * Wp_P;
16
17    % Розрахунок перехідної характеристики
18    [y, t] = step(W_total);
19
20    % Інтегральна квадратична помилка (ISE)
21    J = sum((1 - y).^2 .* diff([0; t])); % Мінімізуємо цю помилку
22 end

```

Передавальні ф-ї для кожного контура

Рисунок 3.15 – Код функції computePerformance

При проведенні оптимізації для кожного контуру окремо, визначено:  $T_1=0,5$ , щоб зменшити перерегулювання,  $K_p=2,0$  і  $T_2=1,0$ , щоб зменшити час регулювання  $t_r$ ,  $\xi=0,7$  (критично демпфована система) і  $T_3=0,3$ , щоб забезпечити швидке і стабільне регулювання.

Проте для багатоконтурної системи, всі отримані дані потрібно визначати окремо, отримані дані будуть враховуватися, як початкові, тобто такі що

потребують перерозрахунків. З метою виконання оптимізації параметрів системи, було проведено розрахунки в MathLab (рис. 3.16).

```

Command Window
>> % Оголошення символічної змінної s
s = tf('s');

% Цільова функція для оптимізації (мінімізація перехідного процесу)
objectiveFunction = @(params) computePerformance(params, s);

% Початкові значення параметрів [T1, Kp_S, T2, xi, T3]
initialParams = [0.5, 2.0, 1.0, 0.7, 0.3];

% Обмеження на параметри
lb = [0.1, 0.5, 0.1, 0.5, 0.1]; % Нижні межі
ub = [2.0, 5.0, 2.0, 1.0, 1.0]; % Верхні межі

% Виконання оптимізації
options = optimoptions('fmincon', 'Display', 'iter', 'Algorithm', 'sqp');
[optimalParams, fval] = fmincon(objectiveFunction, initialParams, [], [], [], [], lb, ub, [], options);

% Результати
T1_opt = optimalParams(1);
Kp_S_opt = optimalParams(2);
T2_opt = optimalParams(3);
xi_opt = optimalParams(4);
T3_opt = optimalParams(5);

fprintf('Оптимальні параметри:\n');
fprintf('T1 = %.2f, Kp_S = %.2f, T2 = %.2f, xi = %.2f, T3 = %.2f\n', T1_opt, Kp_S_opt, T2_opt, xi_opt, T3_opt);

```

Iter	Func-count	Fval	Feasibility	Step Length	Norm of step	First-order optimality
0	6	6.125005e+00	0.000e+00	1.000e+00	0.000e+00	1.450e+01
1	12	4.347398e+00	2.776e-17	1.000e+00	1.881e+00	1.907e+01
2	18	1.386467e+00	0.000e+00	1.000e+00	1.026e+00	6.641e+00
3	24	6.246963e-01	0.000e+00	1.000e+00	1.174e+00	8.492e-01
4	30	5.113874e-01	0.000e+00	1.000e+00	2.704e-01	1.600e+05
5	68	5.090153e-01	0.000e+00	1.104e-05	1.133e-05	1.600e+05
6	74	5.085106e-01	0.000e+00	1.000e+00	6.130e-03	1.668e+05
7	111	5.085106e-01	0.000e+00	1.856e-06	8.900e-07	1.668e+05

```

Local minimum possible. Constraints satisfied.

fmincon stopped because the size of the current step is less than
the value of the step size tolerance and constraints are
satisfied to within the value of the constraint tolerance.

<stopping criteria details>
Оптимальні параметри:
T1 = 0.10, Kp_S = 0.98, T2 = 0.10, xi = 0.91, T3 = 0.10
fx >> |

```

Рисунок 3.16 – Знаходження оптимальних параметрів для системи

В результаті встановлено наступні оптимальні параметри:  $T_1 = 0,10$ ;  $Kp = 0,98$ ;  $T_2 = 0,10$ ;  $\xi = 0,91$ ;  $T_3 = 0,10$ .

Передавальна функція багатоконтурної системи матиме наступний вигляд:

$$W(s) = W_{PN} \cdot W_{PP} \cdot W_{PP} = \frac{0.98}{0,001s^4 + 0,02182s^3 + 0,1464s^2 + 0,382s + 1}. \quad (4.8)$$

Для перевірки правильності отриманих показань потрібно перевірити систему на стійкість мінімум за двома критеріями, за розміщенням полюсів та нулів та за критерієм Найквіста.

Для перевірки стійкості передавальної функції слід визначити полюси системи, які є коренями знаменника передавальної функції. Полюси можна обчислити, використовуючи функцію `pole()` (рис. 3.17).

```
>> Wp_S = Kp_S / (T2 * s + 1); % Контур ознак
      Wp_P = 1 / (T3 * s^2 + 2 * xi * T3 * s + 1);
>> W_total = Wp_N * Wp_S * Wp_P

W_total =

          0.98
-----
0.001 s^4 + 0.02182 s^3 + 0.1464 s^2 + 0.382 s + 1

Continuous-time transfer function.
Model Properties
>> poles = pole(W_total);

% Перевірка розташування полюсів
if all(real(poles) < 0)
    disp('Система стійка');
else
    disp('Система нестійка');
end
Система стійка
>> pzmap(W_total);
grid on;
>> |
```

Рисунок 3.17 – Перевірка системи на стійкість за розміщенням полюсів.

В результаті перевірки розміщення полюсів, встановлено, що система стійка, адже їх значення менше 0, що говорить про їхнє розміщення у лівій напівплощині (для безперервних систем) або всередині одиничного кола (для дискретних систем). Для більш детального представлення, було використано вбудовану функцію `pzmap()`, для відображення мапи нулів та полюсів (рис. 3.18).

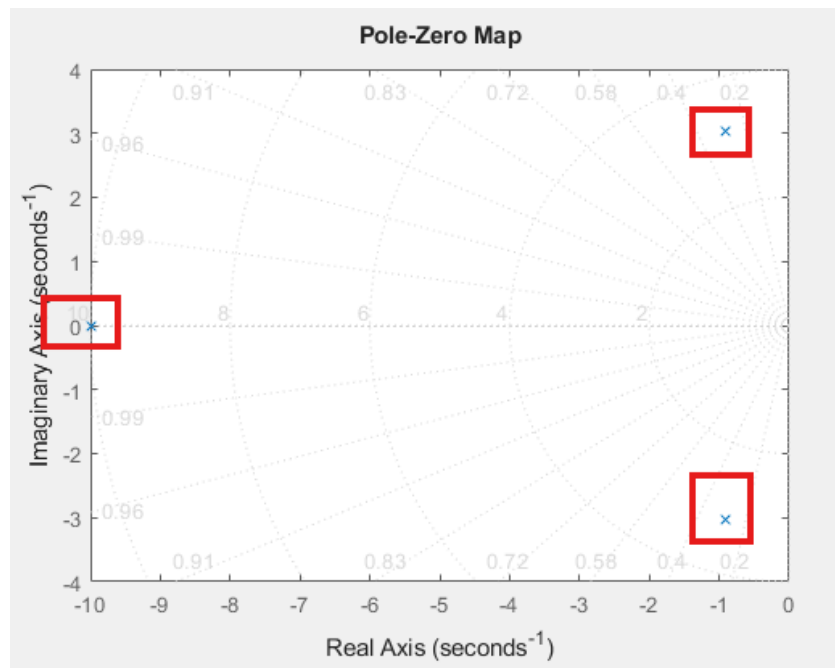


Рисунок 3.18 – Мапа нулів та полюсів для отриманої системи

Для перевірки стійкості замкнутої системи можна використати діаграму Найквіста, щоб переконатися, що система задовольняє умову стійкості (система не огинає точку  $-1$  на комплексній площині) (рис. 3.19).

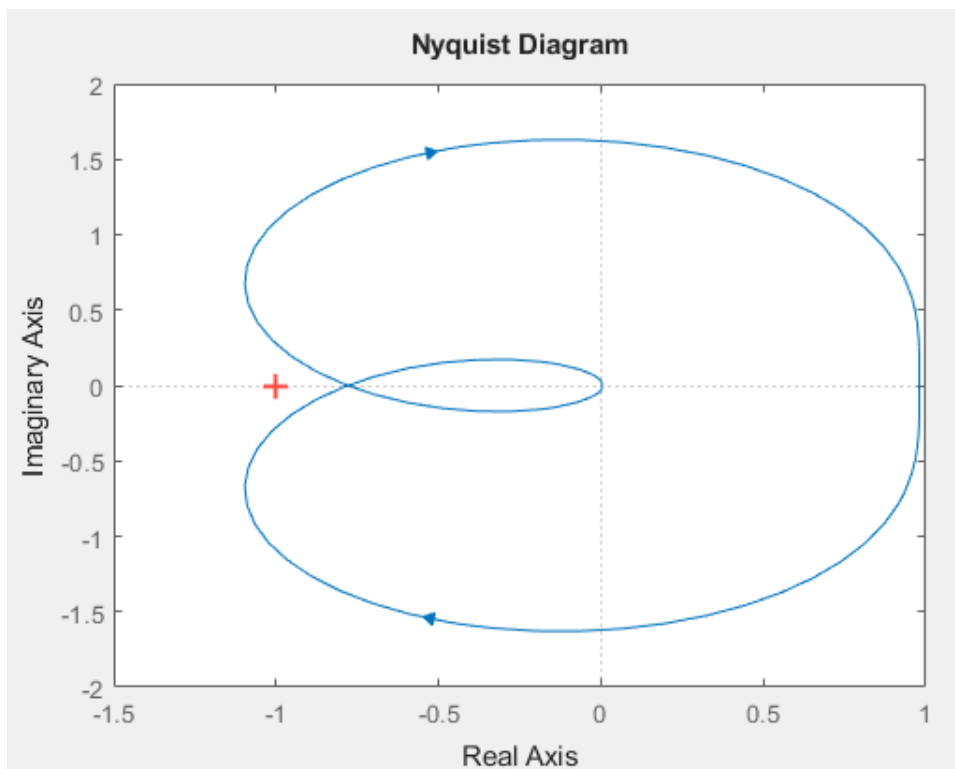


Рисунок 3.19 – Діаграма стійкості Найквіста

### 3.5 Висновки до розділу

В ході проектування програмного застосунку, визначено його ключові складові: навчена ШІ модель, база даних, серверна та клієнтська частини. Так, як темою кваліфікаційної роботи є розроблення інтелектуальних засобів комп'ютерного зору для визначення осіб за типом одягу на роботизованому виробництві, то в процесі проектування з'ясувалося, що для кожного підприємства необхідно навчати модель окремо в залежності від їх умов.

Для загального проектування виділено 6 типів одягу, що відповідають: пожежникам, поліцейським, працівникам швидкої допомоги, військовим, працівникам підприємства, та особам що не мають спецодягу. В результаті проведено навчання ШІ моделі відповідно до заданих умов.

Для збереження даних для навчання та отриманих даних розпізнавання, а також всієї необхідної інформації розроблено ER-діаграму бази даних, встановлено зв'язки між сутностями, а також визначено її бізнес-правила.

Для визначення зв'язків взаємодії між клієнтською та серверною частинами і базою даних, побудовано діаграми класів взаємодії.

Одним із ключових етапів стало проведення комп'ютерного моделювання системи автоматичного управління, під час здійснення, якого визначено ключові параметри системи, знайдено параметри керування, визначено оптимальні параметри системи при яких, вона залишається стійкою.

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Загальною метою експериментальних досліджень є удосконалення охоронної системи шляхом розробки ефективного програмного забезпечення з інтегрованим штучним інтелектом для автоматизованого моніторингу периметра, яке забезпечує точне виявлення та класифікацію об'єктів для своєчасного сповіщення про несанкціонований перетин охоронюваної зони.

Основні задачі дослідження включають:

- проведення дослідження ефективності роботи системи розпізнавання, зокрема перевірка точності ідентифікації типу одягу, швидкості обробки зображень, надійності роботи алгоритмів і стійкості системи до змін умов навколишнього середовища (наприклад, освітлення або руху);

- визначення оптимального використання ресурсів, таких як обчислювальна потужність, обсяг пам'яті та пропускну здатність мережі. Аналіз енергоефективності рішень та можлива адаптація алгоритмів під конкретні потреби виробництва;

- ідентифікацію потенційних вразливостей у системі комп'ютерного зору та аналіз їхнього впливу на загальну безпеку виробничого середовища. Це включає захист даних, забезпечення коректної роботи в реальному часі та розробку механізмів для запобігання збоїв чи маніпуляцій із системою;

- перевірку відповідності розробленої архітектури системи вимогам виробничого середовища, таким як масштабованість, інтеграція з іншими системами (наприклад, ERP або MES), модульність і гнучкість. Перевірка забезпечення необхідної точності, стабільності та швидкодії системи.

При проведенні дослідження ефективності роботи розробленої системи розпізнавання, важливо перевірити точність ідентифікації об'єктів за типом одягу та стійкість системи до впливу зовнішніх факторів. Результати розпізнавання об'єктів на відео показано на рис. 4.1–4.6.



Рисунок 4.1 – Результат розпізнавання працівників швидкої допомоги (імовірність розпізнавання 97,9%)



Рисунок 4.2 – Результат розпізнавання працівників підприємства (імовірність розпізнавання 78,2%)



Рисунок 4.3 – Результат розпізнавання пожежників (рятувальників) (імовірність розпізнавання 79,3%)

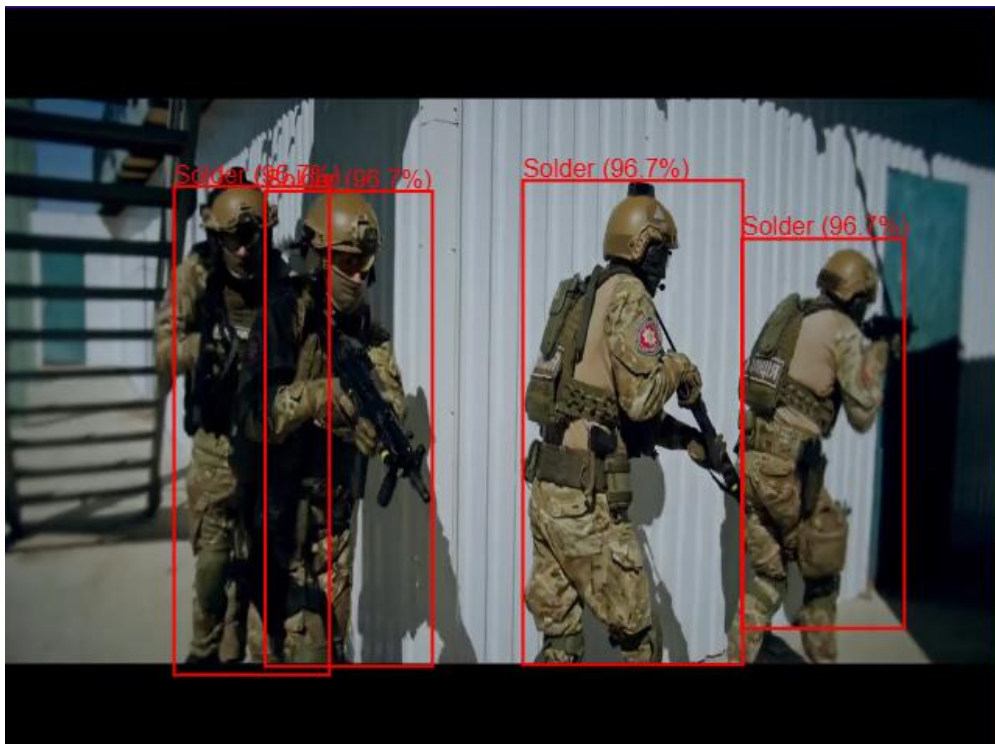


Рисунок 4.4 – Результат розпізнавання солдат (імовірність розпізнавання 96,7%)



Рисунок 4.5 – Результат розпізнавання поліцейських (імовірність розпізнавання 97,2%)

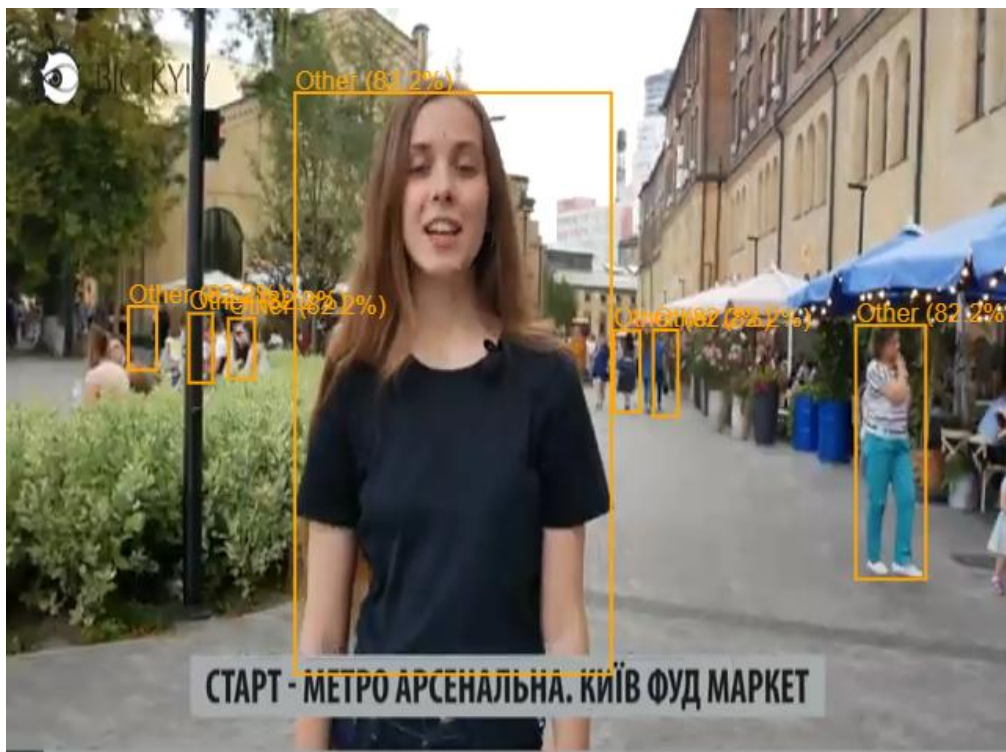


Рисунок 4.6 – Результат розпізнавання людей без ознак спецодягу (імовірність розпізнавання 82,2%)

На рисунках 4.1–4.6, можна спостерігати результати розпізнавання об'єктів зі значенням вище 75%, що є досить гарним показником, однак на рисунках 4.3 та 4.5 є люди, яких система не прийняла до уваги, з різних причини таких, як віддаленість від камери, або злиття з фоном, занадто погане освітлення, чи присутність багатьох шумів на кадрах, що впливає на загальну якість системи розпізнавання. Швидкість обробки кадрів напряду залежить від обчислювальних можливостей комп'ютера (сервера) на якому її запущено, проте для оптимізації ресурсів, було встановлено обмеження на розпізнавання кількості кадрів на секунду, в розмірі 30, це забезпечує безперервне розпізнавання об'єкта та застерігає систему від перевантаження, якщо кількість кадрів відеопотоку перевищуватиме це значення. В нормальних умовах швидкість обробки кадру становить від 1 до 10 мс при тривалості кадру (34 мс при 30 к/с), що високим показником, при якому відображення результату відбувається плавно, при зростанні часу розпізнавання (в наслідок недостатньої обчислювальної потужності системи), виникає ефект блимання.

Для безперебійної роботи системи розпізнавання необхідно визначити швидкість виконання запитів до бази даних, швидкість опрацювання запитів сервером окремо та при взаємодії через інтерфейс застосунку. Для швидкої роботи застосунку необхідно досягти мінімальної кількості часу виконання запитів між кожною складовою, при цьому зберігаючи оптимальне використання ресурсів системи. Швидкість виконання запиту базою даних становить від 7 до 30 мс. Результат виконання внесення даних до таблиці (висока навантаженість) показано на рис. 4.7.

```
[0] Executing (default): SELECT `userId`, `userName`,
[0] Executing (default): INSERT INTO `RecognitionResul
[0] Executing (default): INSERT INTO `Logs` (`logId`, `
[0] POST /api/recognition/addNew 200 21.433 ms - 35
[0] Executing (default): SELECT `userId`, `userName`,
[0] Executing (default): INSERT INTO `RecognitionResul
[0] Executing (default): INSERT INTO `Logs` (`logId`, `
[0] POST /api/recognition/addNew 200 8.876 ms - 35
```

Рисунок 4.7 – Результат виконання запиту на внесення нових даних

Результат виконання отримання великого об'єму даних з таблиці, показано на рис. 4.8.

```
[0] GET /api/recognition/getAll?cameraId=1&offset=0&limit=300 200 10.763 ms - 56903
[0] Executing (default): SELECT `userId`, `userName`, `email`, `password`, `firstName
[0] Executing (default): SELECT `recognitionResultId`, `detectObject`, `timestamp`,
ult`.`cameraId` = '1' ORDER BY `RecognitionResult`.`createdAt` DESC LIMIT 0, 300:
```

Рисунок 4.8 – Результат виконання запиту на отримання даних

На рисунку 4.8 показано, що швидкість отримання 300 записів з бази становив 11 мс, при цьому розмір відповіді становив 56903 байт.

З швидкості виконання запитів, а також об'єму даних, можна зробити висновок, що БД гарно оптимізована та має високі показники продуктивності.

При виконанні запитів до БД через сервер приклад показано на рис. 4.9, з урахуванням виконання всіх файлів керування швидкість запиту зростає від 11 мс до 14 мс, отже затримка становить 3 мс, що не критично мало.

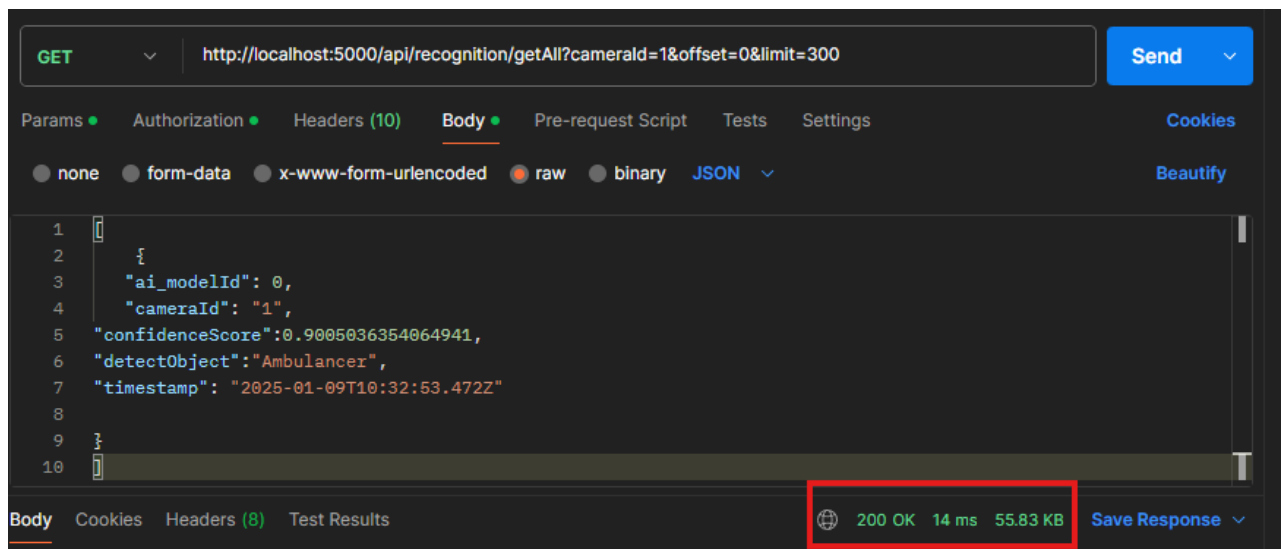


Рисунок 4.9 – Результат виконання запиту на отримання даних з сторони сервера

При виконанні запиту на додавання нового файлу до таблиці здійсненого через інтерфейс користувача, час очікування відповіді зростає (рис. 4.10).

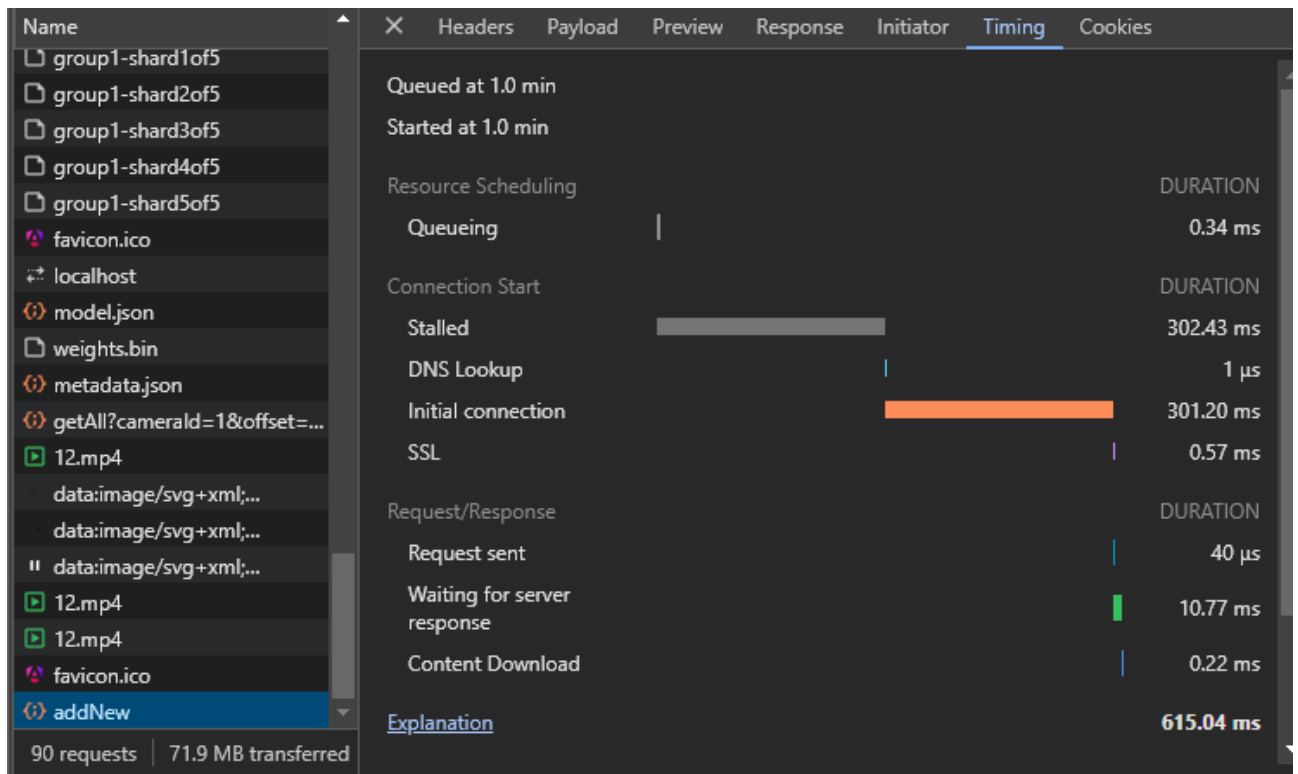


Рисунок 4.10 – Результат виконання запиту на отримання даних з сторони користувача

Основна частка часу виконання запиту (600 мс) витрачається на встановлення з'єднання з сервером, час відповіді сервера становить 11 мс, а час завантаження контенту всього 0,22 мс. Отже з отриманих даних можна дійти висновку, що отримана система є досить оптимізованою, та час очікування відповіді користувачем становитиме час запиту його системи.

В результаті дослідження розробленої системи визначено:

- високу ступінь розпізнання, достатню стійкість до сторонніх шумів, що потрапляють на зображення;
- значну швидкодію та оптимізацію застосунку та системи розпізнання;
- за рахунок модульної будови, кожна з частин застосунку, може бути інтегрована до інших систем, або інтегрувати в себе існуючі рішення;
- існують деякі аспекти роботи системи застосунку, такі як ступінь визначення, стійкість до шумів, що можуть бути покращенні в ході подальшого доопрацювання.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Приміщення для розміщення системи комп'ютерного зору для визначення осіб за типом одягу на роботизованому виробництві не належить до категорії приміщень із підвищеною небезпекою ураження електричним струмом. Умови, що створюють підвищену небезпеку (підвищена вологість, струмопровідний пил, струмопровідні підлоги, можливість одночасного дотику до заземлених металоконструкцій будівлі та електроприладів), відсутні. Згідно з вимогами ПУЕ-2011, приміщення класифікується як безпечне з точки зору ураження електричним струмом.

Для зменшення ризику ураження електричним струмом передбачено такі заходи:

- проводити вимірювання опору ізоляції між нульовим і фазним провідниками, а також між фазами. Мінімальний опір ізоляції має становити 500 кОм на фазу. Контроль необхідно здійснювати не рідше одного разу на рік при відключеному електроживленні;

- використовується система TN-C-S типу, яка відповідає вимогам НПАОП 40.1-1.32-01. Усі металеві корпуси обладнання системи комп'ютерного зору з'єднані з глухо заземленою нейтраллю джерела живлення через нульовий захисний провідник;

- встановлюється автомат захисту, розрахований на струм короткого замикання. Час відключення – 0,2 с.

У приміщенні, де розташоване обладнання, мають бути дотримані оптимальні умови мікроклімату, згідно з ДСН 3.3.6.042-99:

- температура повітря: 22–25 °С.
- відносна вологість: 40–60 %.
- швидкість руху повітря: не більше 0,1 м/с.

Вентиляція організована як припливно-витяжна загальнообмінна.

Для забезпечення комфортних умов роботи система освітлення поєднує природне та штучне освітлення. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006, категорія зорових робіт у приміщенні відповідає III В. Штучне освітлення реалізовано як загальне за допомогою світильників із люмінесцентними лампами.

Роботи з налаштування та моніторингу системи відносяться до категорії 1а – легка фізична робота, яка виконується сидячи.

Особливу увагу приділяють періодичній перевірці справності обладнання, моніторингу параметрів мікроклімату, дотриманню вимог ергономіки та забезпеченню безпеки операторів при роботі з комп'ютерною системою зору.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи проаналізовано предметну область систему комп'ютерного зору, виділено основні принципи розпізнавання об'єктів. Знайдено та проаналізовано існуючі рішення розпізнавання суб'єктів та об'єктів з використанням нейромереж глибокого навчання, встановлено їх недоліки.

Для проектування архітектури системи комп'ютерного зору з інтелектуальним розпізнаванням суб'єктів за типом одягу здійснено опис об'єкта розробки, встановлено ключові складові системи. Для здійснення проектування постановлено завдання, в якому визначено основні цілі та задачі розробки, функціональні вимоги та вимоги безпеки.

Сформульовано основні вимоги до системи, на основі яких було створено структурну схему системи, в результаті чого створено IDF0-діаграму для процесу розпізнавання суб'єктів за типом одягу та проведено її декомпозицію з ціллю покращення розуміння.

Проведено проектування програмного застосунку, в результаті якого, визначено його ключові складові та основні зв'язки взаємодії між компонентами. Для проектування бази даних використано технологію ER-моделювання. Для відображення взаємозв'язків побудовано діаграми класів, також побудовано діаграми прецедентів.

При проведенні експериментальних досліджень, визначено, що система має точність розпізнавання більше 75%, має деякі недоліки з визначенням об'єктів у складних умовах, для усунення яких потрібно провести навчання моделі, приклади, для навчання якої мають бути зроблені безпосередньо на підприємстві. Швидкість взаємодії між компонентами висока та становить менше 100 мс, при підключенні до однієї локальної мережі.

Розроблена система, під час експериментів, показала себе ефективно при визначенні об'єктів, однак існують незначні недоліки, рекомендується

проведення подальших експериментів на реальному підприємстві, для проведення коригувань та більш точних налаштувань системи.

Отримані результати кваліфікаційної роботи сприяють досягненню таких Цілей сталого розвитку України:

– ЦСР 8 «Гідна праця та економічне зростання», а саме п. 8.2 «Сприяння впровадженню високопродуктивних та інноваційних технологій через використання комп'ютерного зору та інтелектуальних систем автоматизації на виробництві, що сприяє підвищенню продуктивності праці, зменшенню людського втручання та підвищенню ефективності технологічних процесів»;

– ЦСР 9 "Промисловість, інновації та інфраструктура" , п. 9.4 «Сприяти технологічній модернізації виробництва з метою підвищення його ефективності, зокрема через розробку інноваційних засобів комп'ютерного зору, що підтримує модернізацію виробничих процесів та дозволяє впроваджувати передові технології в роботизованих системах»;

Робота спрямована на впровадження інноваційних технологій, які підвищують ефективність роботизованих виробництв, знижують витрати ресурсів і сприяють екологічній відповідальності.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Удовиченко О. В. Вплив розвитку штучного інтелекту на комп'ютеризовані та робототехнічні системи / О. В. Удовиченко // Автоматизація та Приладобудування = Automation and Development of Electronic Devices (ADED'2023) : збірник студентських наукових статей, 2023. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – С. 30-32.
2. Застосування штучного інтелекту в промисловості та автомобільній галузі / О. В. Удовиченко // Автоматизація та Приладобудування = Automation and Development of Electronic Devices (ADED'2024) : збірник студентських наукових статей. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – Вип. 1. – С. 166-168.
3. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. Структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017. 29 с.
4. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2022. 55 с.
5. Технології комп'ютерного зору // Metinvest Digital URL: <https://metinvest.digital/ua/page/1028> (Дата звернення: 28.08.2024р.)
6. Огляд та класифікація систем комп'ютерного зору згідно засобів використання / В. А. Лимар // Радіоелектроніка та молодь у XXI столітті : матеріали 24-го Міжнар. молодіжн. форуму, 7–9 квітня 2020 р. – Харків : ХНУРЕ, 2020. – Т. 3. – С. 61–62. URL: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/13666> (Дата звернення: 28.08.2024р.)
7. Теорія розпізнавання образів. Лекції / Коцовський В.М. // Електронний репозитарій ДВНЗ "УжНУ" URL: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/16460> (Дата звернення: 02.09.2024р.)

8. Комплект слайд-лекцій з дисципліни «Системи розпізнавання образів» для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціалізація «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» / Упоряд.: Б.О. Малик. – Харків: ХНУРЕ, 2017

9. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 2 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М.; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2013.

10. Authorized adaptation from the United States edition, entitled Digital Image Processing, Fourth Edition, ISBN 978-0-13-335672-4, by Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, published by Pearson Education © 2018

11. What is Google Cloud Vision? // Blog ResourceSpace URL: <https://www.resourcespace.com/blog/what-is-google-vision#:~:text=How%20does%20the%20Google%20Cloud,results%20with%20a%20confidence%20value> (Дата звернення: 10.09.2024р.)

12. Trueface URL: <https://www.trueface.ai/> (Дата звернення: 10.09.2024р.)

13. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – К.: ДП «УкрНДНЦ, 2016. – 20 с.

14. What is PPE detection? // AI Analytics Hikvision URL: <https://www.hikvision.com/europe/core-technologies/ai-analytics/ppe-detection/> (Дата звернення: 19.09.2024р.)

15. Urban Reconnaissance through Supervised Autonomy (URSA) // Defense Advanced Research Projects Agency URL: <https://www.darpa.mil/program/urban-reconnaissance-through-supervised-autonomy> (Дата звернення: 19.09.2024р.)

16. Положення про організацію освітнього процесу у ХНУРЕ : Наказ ХНУРЕ від 19 квітня 2023 р. № 74. URL: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/polozhennja-pro-organizaciju-osvitnogo-procesu-v-hnure.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-organizaciju-osvitnogo-procesu-v-hnure.pdf) (Дата звернення: 03.09.2024р.)

17. Положення про кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти на другому (магістерському) рівні : Наказ ХНУРЕ від 06 травня 2021 р. № 143. –

URL: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/143-vid-06.05.2021-pro-vvedennja-v-diju-rishennja-vchenoi-radi-universitetu.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/143-vid-06.05.2021-pro-vvedennja-v-diju-rishennja-vchenoi-radi-universitetu.pdf) (Дата звернення: 04.09.2024р.)

18. Стандарт вищої освіти магістра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» затверджено і введено в дію Наказом Міністерства освіти і науки України від 10.08.2020 р. № 1022. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2020/08/10/151-avtomatizatsiya-ta-kit-magistr.pdf> (Дата звернення: 04.09.2024р.)

19. Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи». URL : [https://nure.ua/wp-content/uploads/education\\_programs/2024\\_mag\\_174\\_opp\\_ktrs.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/education_programs/2024_mag_174_opp_ktrs.pdf) (Дата звернення: 05.09.2024р.)

20. Положення про роботу екзаменаційних комісій : Наказ ХНУРЕ від 03 жовтня 2023 р. № 239. URL: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/nakaz-ta-polozhennya-pro-poryadok-stvorennja-ta-organizatsiyu-roboti-ekzamenatsiynih-komisiy....pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/nakaz-ta-polozhennya-pro-poryadok-stvorennja-ta-organizatsiyu-roboti-ekzamenatsiynih-komisiy....pdf) (Дата звернення: 06.09.2024р.)

21. Положення про академічну доброчесність : Наказ ХНУРЕ від 02 лютого 2021 р. № 50. URL: [https://nure.ua/wp-content/uploads/Main\\_Docs\\_NURE/polozhennja-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf](https://nure.ua/wp-content/uploads/Main_Docs_NURE/polozhennja-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf) (Дата звернення: 06.09.2024р.)

22. Невлюдов І.Ш. Основи наукових досліджень: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ. 2019. 396 с. 35

23. Невлюдов І.Ш. Дипломне проектування для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, Г.В. Пономарьова. К. : пр. Космонавта Комарова, 1. 2016. 245 с.

24. Teachable Machine // Experiments with Google URL: <https://experiments.withgoogle.com/teachable->

