

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

Розроблення автоматизованої системи зору на основі FPV
(тема)

Виконав: студент 2 курсу, гр. КТРСм-20-1
Іванов О. В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 151 Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
освітньої програми Комп'ютеризовані та
робототехнічні системи

(код і повна назва напрямку)

Тип програми освітньо-професійна

(повна назва освітньої програми)

Керівник Ктн., доц. каф. КІТАМ Хрустальов К. Л.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту
зав. кафедри

(підпис)

Невлюдов І. Ш.
(прізвище, ініціали)

2021 р.

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

Факультет	<u>Автоматики і комп'ютеризованих технологій</u>
Кафедра	<u>Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки</u>
Рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський)</u>
Спеціальність	<u>151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології</u>
Тип програми	<u>Освітньо-професійна</u>
Освітня програма	<u>Комп'ютеризовані та робототехнічні системи</u>

(код і повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Іванову Олегу Валерійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи зору на основі FPV
Затверджена наказом по університету від 8 листопада 2021 р. № 1698 Ст
2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 17.12.2021 р.
3. Вихідні дані до роботи Система комп'ютерного зору для розпізнавання обличчя людини з допустимою точністю розпізнавання не менше 20%
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі:
 - 4.1 Вступ
 - 4.2 Постановка задачі
 - 4.3 Розв'язок питань доцільності розробки системи комп'ютерного зору для детекції та розпізнавання обличчя
 - 4.4 Вибір та обґрунтування підібраних засобів розробки системи
 - 4.5 Розробка та реалізація інтелектуальної системи детекції і розпізнавання людських обличч
 - 4.6 Тестування системи детекції і розпізнавання обличч
 - 4.7 Питання охорони праці та безпеки життєдіяльності
 - 4.8 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів). Демонстраційний матеріал, представлений у форматі презентації PowerPoint (*.ppt) – 10 с. формату А4.

6. Консультанти розділів роботи (п.5 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		Підпис	Дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області	04.10.2021 р.	Вик.
2	Аналіз існуючих алгоритмів розпізнавання обличчя людини	07.10.2021 р.	Вик.
3	Проведення теоретичних досліджень	02.11.2021 р.	Вик.
4	Розробка прототипу ПЗ	15.11.2021 р.	Вик.
5	Охорона праці	27.11.2021р.	Вик.
6	Оформлення пояснювальної записки	03.12.2021 р.	Вик.
7	Подання роботи до ЕК	17.12.2021р.	Вик.

Дата видачі завдання 04.09.2021 р.

Студент

(підпис)

Іванов О. В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ктн., доц. каф. КІТАМ Хрустальов К. Л.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 99 с., 27 рис., 4 табл., 24 джерела за переліком посилань.

КОМП'ЮТЕРНИЙ ЗІР, OPENCV, ПРОГРАМНИЙ ПРОДУКТ, РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ, ЗОБРАЖЕННЯ, PYTHON, FPV.

Об'єкт дослідження – система комп'ютерного зору для детекції та ідентифікації обличчя людини.

Предметом дослідження – методи розпізнавання та ідентифікації обличчя людини у режимі реального часу.

Метою роботи є розробка інтелектуальної системи комп'ютерного зору з ефективним розпізнаванням обличчя людини.

Наукова новизна. Запропоновано метод детектування пози людини з потоку відео в режимі реального часу, який використовує OpenCV та алгоритм нейронної мережі для оцінки обличчя людини, що дозволяє підвищити точність та швидкість виконання розпізнавання.

Практична значимість отриманих результатів. В результаті роботи був розроблений прототип програмного забезпечення, що за допомогою web-камери, камери смартфона або ж IP-камери визначати особу людини у режимі реального часу.

ABSTRACT

Explanatory note: 99 pages, 27 figures, 4 tables, 24 sources according to the list of references.

COMPUTER VISION, OPENCV, SOFTWARE PRODUCT, HUMAN FACE RECOGNITION, IMAGE, PYTHON, FPV.

The object of research is a computer vision system for the detection and recognition of human faces.

The subject of research – methods of recognizing a person's face from a video stream in real time.

The aim of the work is to develop an intelligent computer vision system with effective human face recognition.

Scientific novelty. A method of detecting human posture from a real-time video stream using OpenCV and a neural network algorithm for estimating a person's face, which allows to increase the accuracy and speed of recognition, is proposed.

The practical significance of the results obtained. As a result, a prototype of software was developed that uses a web-camera, smartphone camera or IP-camera to identify a person in real time.

ЗМІСТ

Перелік скорочень	8
Вступ	9
1 Постановка задачі	12
1.1 Необхідний функціонал проекту	12
1.2 Необхідна точність розпізнавання особи	13
1.3 Системні вимоги до роботи програми	13
1.4 Висновки до розділу 1	14
2 Розв'язок питань доцільності розробки системи комп'ютерного зору для детекції та розпізнавання обличчя	15
2.1 Вирішення технічної проблеми детекції та розпізнавання	15
2.2 Ефективність застосування системи розпізнавання образів	19
2.3 Вибір методу розпізнавання рухомих об'єктів	24
2.3.1 Методи засновані на шаблонах	25
2.3.2 Методи з використанням контурних моделей	27
2.3.3 Нейромережні методи	28
2.3.4 Методи Віоли-Джонса	31
2.3.5 Метод опорних векторів	35
2.4 Висновки до розділу 2	37
3 Вибір та обґрунтування підібраних засобів розробки системи	38
3.1 Аналіз та обґрунтування вибору мови програмування Python	38
3.2 Аналіз та обґрунтування вибору середовища розробки PyCharm	39
3.3 Підбір бібліотек та модулів для програмної реалізації системи	40
3.3.1 OpenCV	40
3.3.2 NumPy	41
3.3.3 Pillow	41
3.3.4 Os	41
3.3.5 Tkinter	41
3.4 Висновки до розділу 3	42
4 Розробка та реалізація інтелектуальної системи детекції і розпізнавання людських обличчя	43

4.1 Розробка і реалізація алгоритма детекції обличч	43
4.2 Розробка і реалізація алгоритма бази даних фотографій	46
4.3 Розробка і реалізація алгоритма навчання	48
4.4 Розробка і реалізація алгоритма розпізнавання	50
4.5 Розробка і реалізація інтерфейса користувача	52
4.6 Висновки до розділу 4	54
5 Тестування системи розпізнавання обличч	55
5.1 Результати тестування	55
5.2 Висновки до розділу 5	57
6 Питання охорони праці та безпеки життєдіяльності	58
6.1 Аналіз умов праці у приміщенні	58
6.2 Заходи щодо покращення умов праці	60
6.2.1 Електромагнітні випромінювання	60
6.2.2 Освітленість	60
6.2.3 Шум	61
6.2.4 Мікроклимат	61
6.2.5 Електробезпека	62
6.2.6 Ергономіка	62
6.3 Розрахунок штучного освітлення для приміщення	63
6.4 Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки	66
6.5 Безпека життєдіяльності	68
6.6 Висновки до розділу 5	70
Висновки	72
Перелік джерел посилання	73
Додаток А Керівництво користувача	76
Додаток Б Екранні форми	78
Додаток В Лістинг програми	81
Додаток Г Презентаційний матеріал	92

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

БД – бази даних;

НМ – нейронна мережа;

РЧ – реальний час;

СОТ – система охоронного телебачення;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – персональний комп'ютер;

ПЕОМ – персональна електро-обчислювальна машина;

FPV – First Person View;

OCV – Open Computer Vision;

SSTN – Symmetric Spatial Transformer Network;

XML – Extensible Markup Language;

YML – Yandex Market Language.

ВСТУП

Комп'ютерний зір – це область інформатики, яка навчає комп'ютер бачити об'єкти. Це спосіб, яким комп'ютери збирають та інтерпретують візуальну інформацію з навколишнього середовища. Зазвичай зображення спочатку обробляється на нижчому рівні, щоб покращити якість зображення, наприклад видалити шум. Потім зображення обробляється на вищому рівні, наприклад, для виявлення малюнків і форм і таким чином намагається визначити, що знаходиться на зображенні.

Виявлення об'єктів зазвичай називають методом, який відповідає за виявлення та ідентифікацію існування об'єктів певного класу.

Один із способів зробити це – класифікувати об'єкти на кольорових зображеннях. Це основний варіант, який використовується, наприклад, у роботизованому футболі, де різні команди збирають своїх роботів і йдуть вічна-віч з іншими командами. Проте цей колірний підхід має свої недоліки, пов'язаний зі ступенем освітлення середи, тому потрібний складніший метод.

Одним з таких методів було б виявлення об'єктів на зображеннях з використанням ознак або конкретних структур об'єкта, що розглядається. Проте виникла проблема. Робота тільки з інтенсивністю зображення, тобто значеннями пікселів RGB у кожному пікселі зображення, робила обчислення об'єктів дорогим і повільним для більшості платформ. Ця проблема була вирішена за допомогою так званих Хаар-подібних функцій, розроблених Полом Віолою та Майклом Джонсом у 1998 році. Подібна Хаару функція розглядає сусідні прямокутні області у певному місці у вікні виявлення, підсумовує інтенсивність пікселів у кожній області та обчислює різницю між цими сумами. Ця різниця потім використовується для класифікації підрозділів зображення. Прикладом цього може бути виявлення людських осіб. Зазвичай, області навколо очей темніші за області на щоках. Таким чином, одним прикладом

функції, подібної до Хаару, для виявлення особи є набір з двох сусідніх прямокутних областей над областями ока і щоки.

Каскадний класифікатор складається зі списку етапів. Система виявляє об'єкти, що розглядаються, переміщуючи вікно поверх зображення. Кожен етап класифікатора маркує конкретну область, визначену поточним розташуванням вікна, як позитивну чи негативну – позитивне значення, означає, що об'єкт було знайдено, або негативне значення означає, що зазначений об'єкт не було знайдено на зображенні. Якщо маркування дає негативний результат, класифікація цього конкретного регіону тим самим завершується, і місце розташування вікна переміщується в наступне. Якщо маркування дає позитивний результат, то регіон переходить до наступного етапу класифікації. Класифікатор дає остаточний позитивний вердикт, коли всі етапи, включаючи останній, дають результат, говорячи, що об'єкт знайдено на зображенні.

Справжнє позитивне значення означає, що об'єкт, що розглядається, дійсно знаходиться на зображенні, і класифікатор позначає його як об'єкт – позитивний результат. Помилковий позитивний результат означає, що процес маркування хибно визначає, що об'єкт знаходиться на зображенні, хоча це не так. Хибний негативний результат виникає, коли класифікатор неспроможний виявити фактичний об'єкт на зображенні, а істинний негативний означає, що об'єкт був класифікований як не аналізований об'єкт. Однак кожен етап може мати відносно високий рівень помилкових спрацьовувань, оскільки навіть якщо n етап класифікує не об'єкт як дійсний об'єкт, то цю помилку можна виправити на $n + 1$ -му і наступних етапах класифікатора [1].

Кваліфікаційна робота присвячена розробці системи комп'ютерного зору на основі FPV для інтелектуальної детекції та розпізнавання людської особи.

Об'єкт дослідження – система комп'ютерного зору для детекції та розпізнавання обличчя людини.

Предметом дослідження є методи розпізнавання обличчя людини з відеопотоку у режимі реального часу.

Метою роботи є розробка інтелектуальної системи комп'ютерного зору з ефективним розпізнаванням обличчя людини не менш ніж 20%.

Елементом наукової новизни виступає метод детектування пози людини з відеопотоку в режимі реального часу, який використовує OpenCV та метод Віоли-Джонса для оцінки обличчя людини, що дозволяє підвищити точність та швидкість виконання розпізнавання.

Систему інтелектуальної детекції та розпізнавання людського обличчя можна застосовувати для:

- пошуку зниклих людей;
- відстеження та пропуску працівників на підприємство;
- затримання злочинців;
- охорони об'єктів.

Апробація результатів роботи. Частина дослідницької роботи доповідалася на III форумі Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології АЕРТ-2021, ХНУРЕ [2].

Під час оформлення використовувались рекомендації [3] та ДСТУ 3008-2015 [4].

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Необхідний функціонал проекту

Для реалізації інтелектуальної системи детекції та розпізнавання людських осіб необхідно насамперед здійснити функцію детектування людської особи у відеопотоку у режимі реального часу. Оператор зможе запустити відеокамеру та детектувати своє обличчя. Без цієї функції подальше використання більшої частини функціоналу буде недоцільним. Але перш ніж приступати до можливості детектування особи, необхідно перевірити працездатність відеокамери. Для цього буде реалізовано функцію тестування камери.

Для того, щоб навчати нашу систему розпізнавати особи, необхідно здійснити збір даних для навчання. Оператору буде складно вручну щоразу набирати дані, в кількості щонайменше 30 штук, зображень однієї людини та перейменовувати їх за певною структурою. Тому необхідно реалізувати функцію, яка автоматично збиратиме зображення з особою в базу даних з відеопотоку.

Щоб розпізнавати людську особу на камері необхідно реалізувати функцію навчання та виділення вектора ознак для кожної особи, яка надана у базі даних. Після успішного навчання системи, потрібна функція розпізнавання особи у відеопотоку. Розпізнавання працюватиме на функції детектування особи по відеокамері, зіставляючи виділену особу з вектором характеристик та значеннями пікселів у потоці. При успішному збігу буде видано результат розпізнавання. Вимоги до інтерфейсу проекту, що розроблюється.

Інтерфейс користувача повинен бути інтуїтивно зрозумілий користувачеві. Основні віджети та функції інтелектуальної системи мають бути на увазі і не викликати питань у їх використанні. Інтерфейс має бути основним елементом діалогу оператора, тому у якості контролю програми будуть кнопки.

Такі кнопки мають бути реалізовані на головному вікні. Кнопки повинні відповідати за функції тестування камери, набору даних для БД, навчання системи та розпізнавання осіб.

Так само має бути реалізовано додаткове вікно для діалогу, в якому повинні бути 2 поля для введення даних, таких як ім'я людини та її ІД, до них додаються 2 лейбла, які будуть вказувати на належність поля введення до тих чи інших даних. Для того, щоб закріпити або навпаки скасувати введення, необхідно реалізувати 2 кнопки: для додавання цих даних або скасування та повернення до головного вікна. Дане допоміжне вікно має виводитися після натискання кнопки на головному вікні, яке відповідає за набір даних для БД.

1.2 Необхідна точність розпізнавання особи

Для розпізнавання людського обличчя у відеопотоку необхідно реалізувати допустиму точність розпізнавання 20%. Розпізнавання залежить від багатьох факторів, які починаються від якості відеопотоку та закінчуючи освітленням приміщення.

1.3 Системні вимоги до роботи програми

Програмний продукт, що розробляється, повинен працювати на 32-х і 64-х бітних системах. Також необхідно, щоб система успішно працювала на операційних системах Windows, починаючи з версії Windows XP та Unix-подібних систем. Для задовільної швидкості роботи розпізнавання та детекції потрібен процесор із частотою не менше 3 ГГц, 4 Гб оперативної пам'яті та відеоадаптер із пам'яттю в 512 Мб. Для зберігання даних необхідний жорсткий диск розміром 1 Тб.

1.4 Висновки до розділу 1

В першому розділі кваліфікаційної роботи сформовано вимоги до, методів та програмних засобів для розпізнавання обличчя людини.

Зроблено постановку мети й завдань дослідження, а також визначені системні вимоги до програмного забезпечення та інтерфейсу користувача.

2 РОЗВ'ЯЗОК ПИТАНЬ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ ДЕТЕКЦІЇ ТА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧЧЯ

2.1 Вирішення технічної проблеми детекції та розпізнавання

Перш ніж приступити до процесу розпізнавання осіб, необхідно отримати певну впорядковану інформацію, що є характеристикою об'єктів, їх відображення на органах системи для розпізнавання [5].

Але кожен об'єкт спостереження по-різному може бути зчитаний системою, залежно від умов сприйняття. Так, наприклад, будь-яка особа в однакових зовнішніх умовах може зміщуватися щодо відеокамери і перебувати на різних відстанях під різними кутами. Крім того, особи одного і того ж образу можуть досить сильно відрізнятися одна від одної, наприклад, залежно від нанесеного макіяжу або стану здоров'я.

Кожне відображення будь-якого об'єкта на відеокамери системи, що розпізнає, незалежно від його положення, прийнято називати зображенням об'єкта, а багато з таких зображень, об'єднані будь-якими загальними властивостями, є образами.

При вирішенні проблем розпізнавання і ідентифікації осіб із відеофіксації методами розпізнавання образів в реальному часі, замість терміна – зображення, застосовують термін – стан.

Стан можна визначити як відображення поточних (або миттєвих) характеристик особи. Сукупність станів визначає ситуацію. Поняття – ситуація є аналогом поняття – образ. Але ця аналогія не повна, тому що не будь-який образ можна назвати ситуацією, хоча будь-яку ситуацію можна назвати образом. Ситуацією прийнято називати деяку сукупність станів складного об'єкта, кожна з яких характеризується одними і тими самими чи схожими характеристиками об'єкта [6]. Щоб система ефективно розпізнавала та

ідентифікувала особи з відеофіксації в режимі реального часу необхідно забезпечити максимальну інваріантність (наскільки це можливо в рамках алгоритму розпізнавання) до форм представлення осіб, що розпізнаються, – різним зображенням осіб в умовах впливу зовнішніх факторів.

Особа повинна правильно розпізнаватись незалежно від місця розташування, кількості та інтенсивності джерел світла. На рисунку 2.1 наведено чотири зображення особи однієї й тієї самої людини в умовах різної освітленості.



Рисунок 2.1 – Зображення однієї і тієї самої особи в умовах різного освітлення

Положення голови у просторі. Залежно від подальшого завдання розпізнавання, потрібна інваріантність до різних кутів повороту голови вправо-вліво або вгору-вниз. Так, наприклад, в ідеальних умовах під час пошуку людини в натовпі потрібна інваріантність до повороту голови до кута $\pm 90^\circ$, приклад таких зображень представлений на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Приклади інваріантності повороту голови

Особа повинна розпізнаватись незалежно від заднього фону, вона може бути як однорідною, так і довільною. До фону також можна віднести зачіску об'єкта, що розпізнається.

Система повинна розпізнавати людину, як з нейтральним, так і з сумним, веселим обличчям, а також і іншим емоційним спектром.

Масштаб зображення обличчя має бути задовільним.

Часткове заслонення особи не повинно відбуватися (окуляри, волосся, вуса, борода, маска тощо).

Вибір вихідного опису осіб, що піддаються подальшому аналізу та розпізнаванню, є одним із центральних завдань проблеми розпізнавання та ідентифікації. При вдалому виборі вихідного опису (простору ознак) завдання розпізнавання може бути тривіальною і, водночас, невдало обраний вихідний опис може призвести або дуже складної подальшої обробки даних, або взагалі до відсутності рішення [7].

Так, наприклад, при скануванні особи, анфас у приміщенні з відмінною освітленістю, хороші результати демонструють алгоритми, що працюють із двовимірними зображеннями.

Аналізуючи унікальні точки та відстані між ними, система розпізнавання осіб визначає факт ідентифікації за коефіцієнтами різниці між живим знімком та зареєстрованим шаблоном.

Тривимірні технології є стійкими до зміни світлового потоку, допустиме відхилення від фронтального ракурсу – до 45 градусів. Тут аналізу піддаються не тільки точки і лінії, а також і властивості поверхонь (кривизна, профіль), метрика відстаней з-поміж них.

Однак, для роботи таких алгоритмів, потрібна обробка відеозапису високої якості з частотою не менше 200 кадрів в секунду, обумовлена не лише високою оптичною роздільною здатністю відеокамер і зведеною до мінімуму похибкою синхронізації, але й високою продуктивністю систем розпізнавання.

Таким чином, основною проблемою, пов'язаною з розпізнаванням та ідентифікацією осіб з відеофіксації в режимі реального часу, є необхідність зниження рівня незалежності роботи системи від факторів освітленості, ракурсу та вікових змін осіб поряд з обчислювальними та продуктивними вимогами до пристроїв, що використовуються в системі [8].

Незважаючи на значну кількість досліджень з розробки ефективних алгоритмів розпізнавання осіб, досі не створено системи, здатної працювати без урахування численних обмежень у вигляді шумів, відстані до об'єкта або рівня освітленості. Насправді спроектовано досить багато ефективних алгоритмів, проте практично, отримання якісного результату впирається у обчислювальні потужності чи вплив зовнішніх негативних чинників.

Насправді, вдосконалення роботи алгоритмів розпізнавання осіб полягає у пошуку оптимального співвідношення ефективності розпізнавання та обчислювальних потужностей за умов впливу зовнішніх чинників.

2.2 Ефективність застосування системи розпізнавання образів

Така якість, як розпізнавання одна із основних і найважливіших властивостей людини. Опис деякого об'єкта завжди відбувається за певним образом. На основі цього людина може визначити потрібний образ з набору характеристик об'єкта. Така здатність має дуже складну інформаційну систему.

Тому складною теоретичною та технічною проблемою все ще є створення штучних систем розпізнавання образів. Важливість у такому розпізнаванні полягає в різних областях: від систем безпеки і військової справи, до оцифровки всіляких аналогових сигналів. Однак, лише певні приклади завдань розпізнавання образів будуть виділені далі:

- розпізнавання відбитків пальців;
- детекція та ідентифікація осіб;
- розпізнавання номерних знаків транспортних засобів;
- оптичне розпізнавання символів;
- розпізнавання зображень;
- розпізнавання підпису;
- розпізнавання мови.

Досить вагому, а то й головну роль, що у великій кількості наукових сфер діяльності грають методи для розпізнавання образів. Такі системи здійснюють допомогу в постановці медичного діагнозу, обробці нейробіологічних сигналів, виявленні та класифікації гідроакустичних сигналів, обробці зображень у промисловому контролі та в системах переробки інформації тощо.

Найчастіше можливість заміни людини спеціалізованим автоматично забезпечується створенням пристроїв, виконують функції з розпізнавання різних об'єктів. Можливості складних систем завдяки виконанню тих чи інших різних логічних, інформаційних та аналітичних завдань – значно розширюються. Також зазначається, що якість робіт, яке виконується людиною на його робочому місці, залежить від безлічі факторів (таких як кваліфікація, досвід, сумлінність тощо), у той час як справний автомат діє одноманітно і

циклічно, що забезпечує абсолютно однаково постійну якість. Контроль, що виробляється автоматично для складних систем, дозволяє вести спостереження та забезпечувати своєчасне обслуговування, ідентифікацію перешкод та автоматичне застосування відповідних методів пригнічення шуму, що дозволяє підвищити якість передачі певної інформації. Також те, що неможливо для людини в швидкодії, може забезпечити використання автоматичних систем у ряді завдань [9, 10, 11, 12].

Підбивши підсумок тому, що було описано вище, можна відзначити основні причини для заміщення людської участі в завданнях розпізнавання:

- звільнення людини від однотипних операцій на вирішення інших найважливіших завдань, виключення людської похибки;
- підвищення швидкості та якості серед прийнятих рішень.

На продовженні досить тривалого часу ця проблема в розпізнаванні привертає увагу фахівців у галузі інформатики, а потім прикладної математики. Виділяють, зокрема, деякі роботи Р. Фішера, які були виконані у 20-х роках та призвели до формування дискримінантного аналізу як одного з розділів практики та теорії розпізнавання. У той же час у 40-х роках А. Н. Колмогоровим та А. Я. Хінчіним було поставлено завдання як поділ суміші двох розподілів [9, 10, 11, 12].

Надалі за рахунок теорії розпізнавання розширився математичний апарат як застосування:

- розділів теорії інформації; прикладної математики;
- методів алгебри логіки;
- системотехніки та математичного програмування.

І лише до середини 70-х років визначився однозначний вид розпізнавання як самостійного напрямку в науці, з'явилася додаткова можливість створення нормальної математичної теорії розпізнавання [9].

Системи оптичного розпізнавання образів становлять особливий інтерес, оскільки це технологія для автоматичного встановлення відповідностей об'єкта, який був під наглядом системи комп'ютерного зору і був призначений до тих чи

інших об'єктів певного виду чи класу. Приватним видом цього є оптичне розпізнавання символів, а також оптичне зчитування міток. У динамічному режимі ця технологія оптичного розпізнавання дає змогу ідентифікувати об'єкти, що мають прості геометричні форми. У статиці розпізнаються лише складні об'єкти. Так, наприклад, зображення людей ідентифікуються за допомогою зіставлення об'єкта з деяким фотографічним зображенням, що зберігається в пам'яті пристрою.

На рисунку 2.3 показана загальна схема взаємозв'язків різних областей знань [13].



Рисунок 2.3 – Загальна схема взаємозв'язків різних галузей знань

Додатковий ривок у подальшому розвитку при вирішенні різних проблем, пов'язаних з проектуванням систем охорони в даний час отримали завдання розпізнавання образів за різних підходів до їх вирішення. Безпека може бути забезпечена лише складними інтегрованими групами заходів та технічних засобів. У результаті, величезну роль в інтелектуальних системах охоронного телебачення грають елементи оптичного розпізнавання, і навіть класифікації їх образів.

У таких системах об'єктами розпізнавання є:

- забуті речі;
- обличчя людей;
- номери транспортних засобів.

Система охоронного телебачення (закриті системи кабельного телебачення, CCTV) – система певних апаратно-програмних засобів, яка призначена для здійснення різноманітного відеоспостереження [14].

Локальна система – це система, з областю дії та застосування, яка обмежена географічно територією деякої будівлі, підприємства, організації тощо. Централізована система найчастіше має один центр та кілька відеокамер. Децентралізована система є сукупністю декількох централізованих систем, які логічно об'єднані в одну структуру, проте фізично розділених і здатних незалежно функціонувати [14].

При охороні великих об'єктів, розподілених територіально, місць скупчення людей, та при вирішенні завдань запобігання терористичній загрозі, злочинному розшуку та угону автомобільного транспорту надзвичайно важливим є використання інтелектуальних можливостей сучасного програмного забезпечення для систем охоронного відеоспостереження, у тому числі функцій для підтримки прийняття рішень; оперативний аналіз ситуації; розпізнавання обличь серед потоку людей; розпізнавання зареєстрованих номерів, кольору та моделі автомобільного транспорту; розпізнавання руху; розпізнавання втрачених чи загублених предметів; спостереження за дислокацією предметів; розпізнавання порушень порядку у громадських місцях тощо.

Відео-аналітику використовує велика кількість інтелектуальних систем відеоспостереження – технологію, яка використовує методи комп'ютерного зору для автоматизації при отриманні різних даних на підставі аналізу послідовності зображень, що надходять з відеокамер в режимі реального часу або з архівних записів [15].

Відео-аналітика завжди включає програмне забезпечення (ПЗ) для роботи з відео-контентом. У корені програмного забезпечення лежить набір алгоритмів для машинного зору, які дозволяють вести відео-моніторинг та проводити певний аналіз даних без прямої участі самої людини. Алгоритми відеоаналітики зазвичай інтегровані в різноманітні бізнес-системи, оскільки вони найчастіше можуть бути використані у відеоспостереженні та деяких інших сферах безпеки.

Відео-аналітика автоматизує чотири функції засобів охорони [16]:

- прогнозування;
- виявлення;
- стеження;
- розпізнавання.

Всі ці функції можуть бути виконані багаторазово, при цьому забезпечуючи безперервне уточнення про місцезнаходження, кількість і типи об'єктів у зоні, що спостерігається, а також усунення безлічі надлишків у результатах. Периметральна відео-аналітика виконує всі ці функції: стеження (для виключення повторних спрацьовувань для одного об'єкта) виявлення, розпізнавання (для мінімізації хибних спрацьовувань, які можуть бути викликані тваринами та іншим шумом зовнішнього світу) та прогнозування (для спостереження при тимчасовій втраті об'єкта із поля зору). Під розпізнаванням зазвичай розуміють великий спектр завдань: від класифікації об'єкта на шум/мету, до верифікації або ідентифікації об'єкта за деякими ознаками.

Технології детекції особи на основі біометрії є найвищим ступенем відеоаналітики: вона ставить найскладніші завдання і задіє великий спектр математичних методів. З одного боку, біометрична система може реалізувати функцію розпізнавання, встановлюючи зв'язок ймовірності зображення з ідентифікаторами для людей, зареєстрованих у базі даних. З іншого боку, дана біометрична система вимагає бездоганної роботи функцій виявлення і спостереження [16].

Приклади успішно вирішуваних задач за допомогою функцій відеоаналітики:

- розпізнавання з метою підрахунку транспорту та людей;
- розпізнавання номерів (як на грошових купюрах, так на транспорті, документах тощо);
- детектування певних подій;
- виявлення надзвичайних ситуацій (скупчення людей, загублені предмети, задимлення та загоряння тощо);
- розпізнавання людських осіб та пошук їх за базами даних.

Однією з найчастіших вимог для систем відеоспостереження є можливість визначити людину, обчислити порушника чи, наприклад, деяку групу людей, які здійснюють дії протиправного характеру. Другою за важливістю є можливість детектувати автомобільні номери.

Основними користувачами цих систем є культурні установи, банки, склади, муніципальні об'єкти, стратегічні об'єкти, промислові об'єкти та інші об'єкти, що працюють з використанням певної пропускну системи, організації, які використовують деякі системи охоронного телебачення, підприємства з високим рівнем безпеки.

2.3 Вибір методу розпізнавання рухомих об'єктів

При оптичному розпізнаванні образів зазвичай застосовують метод перебору видів об'єктів під різними масштабами, зсувами, кутами тощо. Для літер необхідно перебирати шрифт, властивості шрифту тощо.

Суть іншого підходу полягає у знаходженні контуру об'єкта, а також дослідженні його властивостей (таких як зв'язність, наявність кутів тощо).

Ще один підхід полягає у використанні механізмів для класифікації (класифікатори чи штучні нейронні мережі). Такий метод зазвичай вимагає або великого набору прикладів для завдання розпізнавання (з вірними відповідями),

або спеціальної структури алгоритму, що враховує його специфіку для даної задачі.

Таким чином, для вирішення завдань розпізнавання рухомих об'єктів зазвичай виділяють такі основні методи серед систем охоронного телебачення:

- методи з використанням контурних моделей;
- метод Віоли-Джонса;
- нейромереві методи;
- методи, що ґрунтуються на шаблонах;
- метод опорних векторів.

2.3.1 Методи на основі шаблонів

Метод, який є найпоширенішим і заснований на шаблонах – це обчислення коефіцієнта кореляції між двома матрицями.

Необхідно розглянути метод для розпізнавання об'єктів на зображенні, вибираючи за основу використання коефіцієнта кореляції. У такому випадку необхідно мати крім вихідного зображення також і зображення об'єкта, що детектується. Таке зображення прийнято називати еталонним.

Розглядаючи вищесказане, можна зрозуміти, що зображення представлено в пам'яті комп'ютера у вигляді матриці. Нехай A – матриця вихідного зображення, B – матриця зразка, розміри матриць $m \times n$, тоді коефіцієнт кореляції обчислюється за такою формулою:

$$k = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2 \sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2}}, \quad (2.1)$$

де A, B – середні значення елементів матриць.

Необхідно знати, що кореляція обчислюється тільки для матриць, що мають однаковий розмір, отже, з більшої матриці вихідного зображення слід вирізати частини відповідні матриці еталонного зображення.

Цей підхід набув дуже великого поширення. Однак кореляційний метод при розпізнаванні реальних об'єктів характеризується великою складністю обчислювальної. Пов'язано це як із масштабуванням, так і поворотами зображення, що розпізнаються.

Ще одним підходом є застосування колірної сегментації. На практиці цей метод можна застосовувати в задачах пошуку кольору шкіри людини на деякому зображенні.

Колір, як відомо, не є фізичною властивістю об'єкта, а властивістю людського сприйняття, внаслідок чого суворого математичного визначення для поняття колір шкіри в даний момент не існує, через що виникають деякі труднощі при побудові систем для автоматичного розпізнавання шкіри. У вигляді зображення для комп'ютера колір пікселя може бути заданий як координати певного колірною простору.

Психологами було встановлено, що в людському оці присутні три види світлочутливих клітин, які налаштовані на різні розподіли енергії по видимому спектру. Виходячи з вищесказаного можна сказати, що будь-який колір, який сприймається людським оком, може бути представлений як тривимірний вектор. Докладніше цей підхід було розглянуто в роботах. Виділяють такі основні недоліки:

- залежність одержуваних колірних значень об'єктів від конкретної камери;
- залежність кольору від умов зйомки (наприклад, освітлення);
- різноманіття відтінків шкіри.

Підбивши підсумок можна сказати, що методи цієї категорії неспроможні бути повноцінним рішенням завдання оптичного розпізнавання образів у системах охоронного телебачення. Насправді ж їх зазвичай використовують для модифікації деяких існуючих методів з метою отримання додаткових ознак на етапі попередньої обробки.

2.3.2 Методи з використанням контурних моделей

Існує безліч різноманітних методів виділення контурів. Вони можуть бути поєднані за гістограмами та бінаризацією зображення з корекцією.

Найвідомішим методом виділення контурів зазвичай вважається метод просторового диференціювання [16], який був заснований на оцінці швидкості зміни (градієнта) насиченості для кожного пікселя аналізованого зображення. Якщо ж насиченість змінюється досить швидко, то піксель, що знаходиться на межі двох областей різної насиченості, починає належати контуру. Результуюча оцінка абсолютної величини градієнта насиченості для дискретного зображення може бути обчислена за наведеним нижче правилом:

$$g(i, j) = \sqrt{g_x^2(i, j) + g_y^2(i, j)}, \quad (2.2)$$

де $g_x(i, j) = \left(\frac{d\hat{f}(x, y)}{dx} \right) (i, j)$, $g_y(i, j) = \left(\frac{d\hat{f}(x, y)}{dy} \right) (i, j)$ – оцінки приватних похідних, які обчислюються за допомогою згортки масиву вихідних значень насиченості $f(i, j)$ з маскою оператора просторового диференціювання.

Оператори просторового диференціювання зазвичай на практиці є високочастотними фільтрами. Як правило використовуються як маски операторів Робертса, Превітта або Собеля [17], які для випадку вибору горизонтальних перепадів (обчислення $g(i, j)$) мають вигляд як на рисунку 2.4

$$\text{Собель} \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, \text{Превітт} \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, \text{Робертс} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Рисунок 2.4 – Маски операторів Робертса, Превітта та Собеля

Оператор Собеля є дискретним диференціальним оператором, що обчислюють наближене значення градієнта насиченості зображення.

Маски для операторів Собеля і Превітта як виділення вертикальних перепадів насиченості (обчислення $g_x(i, j)$) виходять із однойменних масок виділення горизонтальних перепадів з допомогою транспонування, тоді як маска оператора Робертса – з допомогою повороту на 90° за годинниковою стрілкою.

Результуючі масив $g(i, j)$ дані називають зазвичай градієнтним зображенням. Внаслідок здійснюється порогова обробка градієнтного зображення за таким правилом:

$$b(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{при } g(i, j) \geq T \\ 0 & \text{при } g(i, j) < T \end{cases} \quad (2.3)$$

де T – є постійним або змінним порогом, і залежить від деяких локальних властивостей зображення. Внаслідок чого виходить деяке бінарне зображення $b(i, j)$, у якого поодинокі точки відповідають певним потенційним граничним точкам обраного вихідного зображення.

Основною причиною популярності методів, заснованих на використанні масок для просторового диференціювання, посідає простоту у реалізації на ЕОМ. Тим не менш, вони чутливіші до шуму, який є на зображенні, через що не можуть забезпечувати при обробці складних природних зображень необхідний результат.

Але в той же час, недоліком у використанні даного методу є низька якість при розпізнаванні складних об'єктів.

У більшості випадків методи контурної сегментації використовуються тільки на етапі попередньої обробки зображень.

2.3.3 Нейромережеві методи

Нейромережеві методи на противагу методам першої та другої категорій, пропонують інший підхід до способу вирішення задачі розпізнавання образів [9, 19, 12]. Архітектура та функціонування нейронних мереж (НМ) мають біологічні прообрази. Ваги в нейронній мережі обчислюються без розв'язання аналітичних рівнянь, а підлаштовуються різноманітними локальними методами

(наприклад, різновидами градієнтного спуску) під час навчання. Навчаються нейронні мережі комплекси підготовлених прикладів. У процесі навчання НМ здійснюється автоматичне отримання ключових ознак, визначення їх великого значення та побудових взаємозв'язків між ними. Навчена НМ успішно застосовує свій досвід, накопичений у процесі навчання, на сторонні образи за рахунок добрих здібностей узагальнення [15].

Зазвичай під нейронними мережами (НМ) мають на увазі обчислювальні структури, які здатні моделювати прості біологічні процеси, які найчастіше асоціюються з процесами мозку людини. Адаптовані та навчальні, вони являють собою системи з розпаралелюванням, здатні до навчання через здатність до аналізу позитивних та негативних впливів. Найпростішим перетворювачем в таких мережах є штучний нейрон або просто нейрон, названий так аналогічно з його біологічним прототипом [20].

Такий термін, як нейронні мережі, був сформований у 40-х роках ХХ ст. серед дослідників, які вивчали принципи організації та функціонування біологічних нейронних мереж. Основні результати, отримані у цій галузі, безсумнівно, пов'язані з іменами таких американських дослідників як У. Мак-Каллок, Д. Хебб, Ф. Розенблатт, М. Мінський, Дж. Хопфілд та інші [21].

З математичної точки зору (рисунок 2.5) – штучний нейрон є суматором всіх наявних вхідних сигналів, які застосовуються до отриманої виваженої суми певну просту, зокрема, нелінійну функцію, безперервну на всій області визначення. Найчастіше ця функція лише монотонно зростає. Отриманий результат вирушає на єдиний вихід.

Штучні нейрони (далі, нейрони) поєднуються між собою певним чином, формуючи штучну нейронну мережу. Кожен окремий нейрон характеризується своїм станом в даний час за аналогією з нервовими клітинами головного мозку, які можуть ставати збудженими або загальмованими. Він може мати групу синапсів – вхідних односпрямованих зв'язків, виходи яких пов'язані з іншими нейронами, і має аксон – зв'язок даного нейрона на виході, з якою сигнал приймається на синапси наступних нейронів.

Кожен синапс може бути охарактеризований величиною певного синаптичного зв'язку або його вагою w_i , який є еквівалентом електричної провідності у біологічних нейронів.

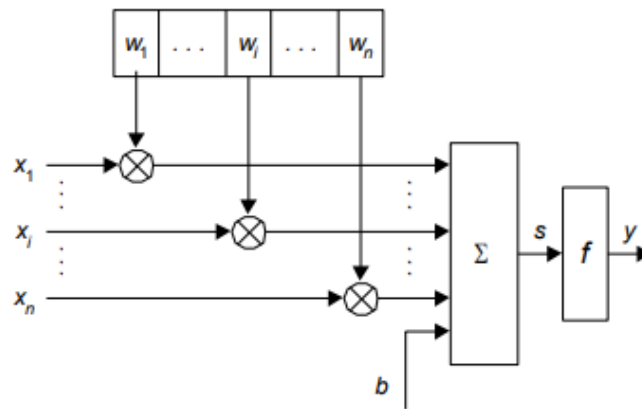


Рисунок 2.5 – Структура штучного нейрона

Поточний стан нейрона формується як сума його завислих входів:

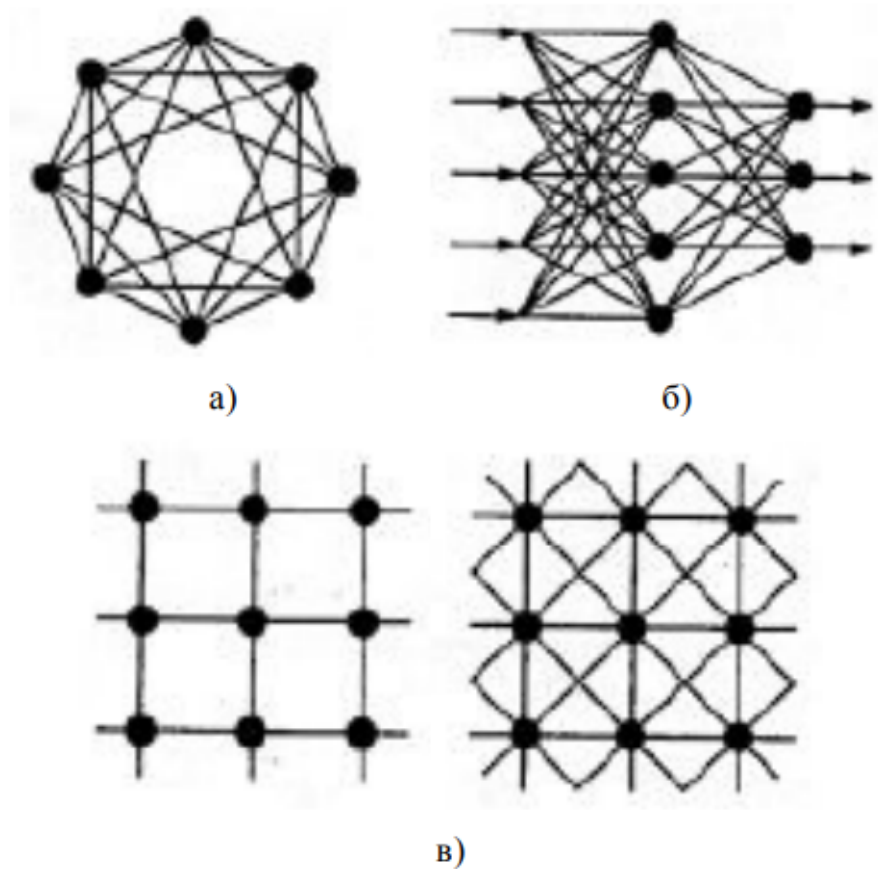
$$s = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b, y = f(s), \quad (2.4)$$

де w_i – вага синапсу, ($i = 1 \dots n$); b – значення усунення; s – результат підсумовування; x_i – компонент вхідного вектора (вхідний сигнал) ($i = 1 \dots n$); y – вихідний сигнал нейрона; n – кількість входів нейрона; f – нелінійне перетворення (передавальна функція чи функція активації) [20].

Нейронні мережі часто можна розділити за деякими ознаками.

В аспекті топології зазвичай виділяють три основних типи для нейронних мереж, зображених на рисунку 2.6 [22]:

- багат шарові або шаруваті;
- слабозв'язні (з локальними зв'язками);
- повнозв'язні.



а) повно зв'язна мережа; б) багатошарова мережа із послідовними зв'язками;
 в) слабо зв'язні мережі

Рисунок 2.6 – Архітектури нейронних мереж

У більшості випадків серед завдань розпізнавання об'єктів для СОТ використовують такі архітектури НР: мережі Кохонена; ймовірнісні нейронні мережі; багатошаровий перцептрон; згорткові нейронні мережі. При цьому вибір різної архітектури залежить повністю від специфіки об'єкта, що розпізнається.

2.3.4 Метод Віоли-Джонса

На даний момент метод Віоли-Джонса є основним для пошуку об'єктів на зображеннях в реальному часі (РЧ) і має одну з найнижчих ймовірностей помилкового виявлення. Даний метод застосовується у пошуку наступних об'єктів: людських губ, обличь, очей тощо. Донедавна вважалося, що його не можна застосовувати як виявлення тексту.

Метод Віоли-Джонса ґрунтується на таких принципах:

- використовуються ознаки Хаара;
- використовується бустинг як вибір найбільш підходящих ознак для об'єкта пошуку на даній частині зображення;
- використовуються зображення в інтегральному поданні;
- всі ознаки потрапляють на вхід класифікатора, який відповідає істині чи брехні;
- використовуються каскади ознак як швидке відкидання вікон, де не знайдено НЗ.

В інтегральному поданні зображень [23] виникає матриця розміру $m \times n$, що відповідає за розмірами вихідного зображення. Елементи матриці розраховуються за такою формулою:

$$L(x, y) = \sum_{i=0, j=0}^{i \leq x, j \leq y} A(i, j), \quad (2.5)$$

де $A(i, j)$ – насиченість пікселя вихідного зображення.

Кожен елемент матриці $L(x, y)$ є сумою пікселів прямокутника від $(0, 0)$ до (x, y) , тобто значення кожного пікселя (x, y) дорівнюють сумі значень усіх пікселів лівіше і вище за цей піксель (x, y) . Розрахунок матриці займає час, пропорційний числу пікселів у зображенні. Розрахунок матриці можливий за такою формулою:

$$L(x, y) = I(x, y) - L(x - 1, y - 1) + L(x, y - 1) + l(x - 1, y) \quad (2.6)$$

Також з'являється можливість швидкого розрахунку сумарної насиченості довільного прямокутника на зображенні, у своїй швидкості розрахунку не залежна від масштабу прямокутника. Після переведення зображення в певне інтегральне уявлення здійснюється пошук об'єкта з використанням ознак Хаара, які будуть визначені пізніше.

Як було сказано перед цим, вектор ознак доречно ототожнювати із самими об'єктами. Тоді, якщо вектор ознак був заданий виразом (2.8), а D_f – безліч допустимих значень для ознаки, то безперечно можна визначити простір для ознак:

$$X = D_{f_1} \times D_{f_2} \times \dots \times D_{f_n} \quad (2.7)$$

У способі Віола-Джонса такі ознаки називаються ознаками Хаара. Ознака Хаара визначається суміжними світлими та темними прямокутними областями. Величина кожної ознаки розраховується як різниця між сумою пікселів у білих областях та сумою пікселів у чорних областях. Ознаки Хаара дають точкове значення перепаду насиченості по осі абсцис та ординат відповідно. Обчислюваним значенням такої ознаки є:

$$f = \sum_{S_1} I - \sum_{S_2} I, \quad (2.8)$$

де I – інтенсивність пікселів; S_1 – всі пікселі у певній області чорного прямокутника; S_2 – всі пікселі області певного білого прямокутника.

Для обчислення використовується те поняття інтегрального зображення, яке було розглянуте вище.

При послідовному проході скануючого вікна за зображенням потрібно обчислити всі значення ознак у заданому вікні, що потребує значних витрат у плані обчислення. У методі Віола-Джонса ознаки Хаара організовані в деякий каскадний класифікатор, що є певним деревом прийняття рішень. Необхідно навчити такий класифікатор тому щоб відбувалося реагування лише певне, необхідне підмножина всіх цих ознак.

У методі Віоли-Джонса завдання класифікації зображено двох класових, тобто $y_i \in Y = \{-1; +1\}$.

Для вирішення проблеми такого, настільки складного навчання є технологія бустингу (від англ. boost – поліпшення, посилення). Бустинг є деяка процедура послідовної побудови такої композицій алгоритмів машинного навчання, коли кожен наступний алгоритм намагається відшкодувати недоліки побудови всіх попередніх алгоритмів. Ефективна модель, яка припускає мало помилок класифікації, називається сильною. Слабка ж, навпаки, сприяє надійному поділу класів чи дачі точні передбачення, робить у роботі дуже багато помилок.

Внаслідок цієї роботи алгоритму бустингу абсолютно на кожній ітерації формується простий класифікатор виду:

$$h_j = \begin{cases} 1, \text{ якщо } p_j f_j(z) < p_j o_j, \\ 0, \text{ інакше} \end{cases}, \quad (2.9)$$

де p_j – змінює в рівнянні напрямок знака нерівності, якщо значення ознаки стає негативним і вказується для кожної ознаки окремо; o_j – значення порога; $f_j(z)$ – обчислене значення ознаки; z – вікно пошуку; j – ітерація.

Розвитком даного підходу виявилася розробка більш нового сімейства алгоритмів бустингу AdaBoost (adaptive boosting - адаптоване поліпшення), запропонована Йоавом Фройндом (Freund) і Робертом Шапіром (Schapire) в 1999 році, яка вміє використовувати абсолютно довільне число класифікаторів, а також одному наборі прикладів, по черзі застосовуючи їх у різних кроках. AdaBoost вибирає певний набір слабких класифікаторів для подальшого об'єднання і, у свою чергу, привласнює кожному з них свою певну вагу. Цей зважений набір є сильним класифікатором. Віола та Джонс свого часу об'єднали серії класифікаторів AdaBoost як деяку послідовність фільтрів, що дало особливу ефективність для класифікації областей зображення. Кожен фільтр представлений окремим класифікатором AdaBoost з досить малою кількістю слабких класифікаторів.

Тим не менш, даний метод є провідним у пошуку об'єктів на зображенні в реальному часі, його основна вада полягає в тому, що результат роботи значною мірою залежить від навчальної вибірки. Це описується тим, що як вхідні дані виступає насичене зображення, яке чутливе до деякої освітленості.

2.3.5 Метод опорних векторів

Метою тренувань великої кількості класифікаторів є мінімізація помилки класифікації в тренувальному наборі (яку ще називають емпіричним ризиком). На противагу їм, з використанням методу опорних векторів, можна побудувати класифікатор, який зводитиме до мінімуму верхню оцінку передбачуваної помилки класифікації (також і для мало відомих об'єктів, які не знаходилися в тренувальному наборі). Використання методу опорних векторів завдання виявлення осіб полягає у певному пошуку гіперплощини в деякому ознаковому просторі, що відокремлює клас зображень осіб від інших зображень.

Головною ідеєю даного методу [11] є перехід вихідних векторів в деякий простір з більш високою розмірністю, а також пошук роздільної гіперплощини з найбільшим проміжком у даному просторі. Пара паралельних гіперплощин будується з обох боків гіперплощини, яка поділяє дані класи. Відповідно, як розділяюча гіперплощина виступатиме гіперплощина, яка вибирає максимальну відстань до даних паралельних гіперплощин (рисунок 2.7). Алгоритм працює на підставі гіпотези про те, що чим більшою буде різниця або дистанція між даними паралельними гіперплощинами, тим меншою буде середня помилка обраного класифікатора. Даний варіант може відповідати найкращій класифікації.

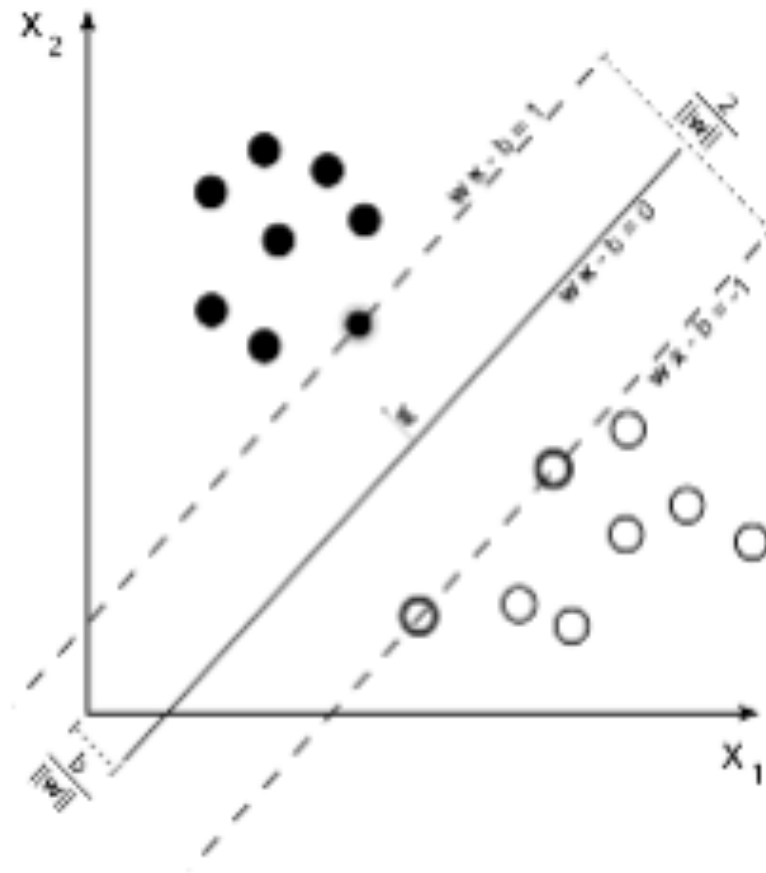


Рисунок 2.7 – Геометрична інтерпретація методу опорних векторів

Як приклад було розглянуто завдання класифікації на пару класів, що не перетинаються, в якій об'єкти були описані деякими n -мірними речовинними векторами, $X = \mathbb{R}^n$ – простір об'єктів, $Y = \{-1; 1\}$ – безліч класів. Є деяка навчальна вибірка:

$$\{(x_i, y_i), \dots, (x_m, y_m)\}, \quad (2.10)$$

Функція (класифікатор) якої $F: X \rightarrow Y$, зіставляє клас у довільного ознакового опису об'єкта a , у якого буде такий вигляд [13]:

$$F(a) = \text{sign}([w, x] + b), \quad (2.11)$$

де w – перпендикуляр до певної розділяючої гіперплощини, у той час як параметр b дорівнює модулю дистанції (відстань) від гіперплощини до початку координат.

Якщо ж параметр b дорівнюватиме нулю, то гіперплощина буде проходити тільки через початок координат, що, безсумнівно, обмежує рішення.

2.4 Висновки до розділу 2

В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено огляд й аналіз існуючих моделей, методів для розпізнавання обличчя людини, такі як:

- методи засновані на шаблонах;
- методи з використанням контурних моделей;
- нейромережеві методи;
- методи Віоли-Джонса;
- метод опорних векторів.

Також було висвітлено сутність технічної проблеми виявлення і розпізнавання обличчя та ефективність впровадження системи розпізнавання обличчя.

Виходячи з цього, можна визнати доцільним використання системи комп'ютерного зору для розпізнавання обличчя людини у комбінації з використанням підсистеми детекції обличчя із використанням методів Віоли-Джонса з використанням ознак Хаара.

3 ПІДБІР БІБЛІОТЕК ТА МОДУЛІВ ДЛЯ ПРОГРАМНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ СИСТЕМИ

3.1 Обґрунтування вибору мови програмування Python

Мова програмування Python за багатьма параметрами виривається вперед у сучасному світі, через що і була обрана як мова реалізації проекту. Для реалізації цього програмного продукту було виділено такі причини:

- роблячи порівняння з C-подібними мовами було визначено, що на мові Python розробка ПП вимагатиме менших витрат за часом, у реалізації невеликої програми з мінімальним інтерфейсом користувача;
- Python є відкритим проектом з великою наявністю вихідних кодів як приклад початківцям і розробляється великою групою програмістів;
- вільний доступ до інтерпретатора мови та наявність програм, у використанні яких немає потреби підключати сторонні бібліотеки або інші ресурси;
- програми, написані мовою Python, адекватно сприймаються більшістю сучасних ОС;
- відкриті бібліотеки та модулі, доступні для особистого використання;
- підтримка кількох основних парадигм програмування;
- основні архітектурні риси – динамічна типізація, управління пам'яттю відбувається автоматично, повна інтроспекція, механізм обробки винятків, багатопоточне обчислення та зручні високорівневі структури даних;
- організація в Python функцій і класів, які за бажанням можна об'єднувати в окремі модулі, які можуть бути об'єднані в пакети.

3.2 Аналіз та обґрунтування вибору середовища розробки PyCharm

IDE – це програмний засіб, що виступає як середовище розробки програмного забезпечення. IDE об'єднує інструменти, спеціально призначені для розробки. Середовища розробки, як правило, включають: редактор інструментарій складання, налагодження і виконання; так само є певна форма, призначена для керування версіями.

Більшість IDE містять безліч функцій і отримують підтримку від величезної кількості мов програмування, внаслідок стаючи не компактними, а так само займаючи велику кількість часу, витрачену на завантаження та встановлення непотрібних бібліотек та іншого. Крім цього потрібні чималі знання у певній літературі, якої зазвичай немає у вільному доступі.

Крім цього, існують редактори коду, що є звичайним текстовим редактором, але з певним підсвічуванням синтаксису (кожен редактор здійснює це по-різному) і певними можливостями форматування вихідного коду (у таких випадках використовується рукописне введення або використовується автозаповнення неповного запису того чи іншого методу). Хороші редактори коду в більшості випадків можуть виконувати код програми з використанням налагоджувача, а найкращі навіть можуть тим чи іншим чином взаємодіяти із системами, в яких відбувається керування версіями. У порівнянні з IDE, хороший редактор коду, як правило, легкий і швидше, але найчастіше це окупається ціною меншої функціональності.

Для ефективного середовища розробки виділяють такі вимоги:

- збереження файлів;
- запуск коду із середовища розробки;
- підтримка налагодження коду;
- підсвічування синтаксису;
- автоматичне форматування коду.

Як одна з найкращих і часто використовуваних повнофункціональних IDE, призначених конкретно для Python, є PyCharm. Існує як безкоштовний

відкритий ресурс, так і платні варіанти IDE. PyCharm доступний на Windows, Mac OS X та Linux.

PyCharm здійснює підтримку у розробці на Python безпосередньо. Користувач може особисто запускати та налагоджувати код прямо із середовища PyCharm. Крім цього, в IDE здійснюється підтримка всіх проектів одночасно та здійснено якісну систему управління версіями.

До переваг можна віднести те, що це середовище розробки для Python з абсолютно повною підтримкою всього вмісту, а також здійснена хороша підтримка проекту, в якій можна редагувати, запускати та налагоджувати код для Python.

До недоліків варто віднести те, що PyCharm практично завжди робить повільне завантаження, а стандартні налаштування, нерідко, доводиться коригувати для своїх існуючих проектів.

3.3 Підбір бібліотек та модулів для програмної реалізації системи

3.3.1 OpenCV

OpenCV реалізований мовою високого рівня C і містить алгоритми для: обробки зображень, встановлення залежності між показаннями засобу камери та розміром вимірюваної величини, визначення вектора ознак подібності, аналіз пересування об'єкта в реальному часі, визначення форми досліджуваного об'єкта та його відстеження, розбиття на групи об'єкта, розпізнавання жестикуляції та ін.

У кваліфікаційній роботі дана бібліотека використовується для створення вікна трансляції відеопотоку камери, перекладу відеопотоку у відтінки сірого та малювання прямокутної області навколо обличчя, після його детекції на відеопотоці за допомогою каскадів Хаара.

3.3.2 NumPy

Пакет NumPy є незамінним помічником Python. З його допомогою можна реалізувати data mining, машинне навчання та математичні складні обчислення. Цей пакет значно спрощує обробку векторів і матриць.

У даному проекті модуль NumPy використовується для отримання масиву значень зображень з бази даних людських осіб для навчання системи.

3.3.3 Pillow

Бібліотека зображень PIL (Python Imaging Library) необхідна для обробки графіки та роботи із зображеннями у Python.

Ця бібліотека застосовується у проекті для відкриття, збереження та зміни зображень.

3.3.4 Os

Модуль Os надає безліч функцій для роботи з операційною системою, причому їхня поведінка, як правило, не залежить від ОС, тому програми залишаються переносними. У цьому проекті модуль Os використовується для отримання зображень з певного шляху.

3.3.5 Tkinter

Tkinter – це модуль інтерфейсу користувача на основі Tk, яка входить до бібліотеки Python. Tk – це бібліотека базових елементів інтерфейсу користувача для мови Tcl. Tkinter реалізований як оболонка Python для інтерпретатора Tcl, який у свою чергу вбудований в інтерпретатор Python.

Tkinter в кваліфікаційній роботі використовується для створення зручного та інтуїтивного інтерфейсу користувача.

3.4 Висновки до розділу 3

В третьому розділі кваліфікаційної роботи проведено огляд й аналіз існуючих IDE та систем комп'ютерного зору для розпізнавання образів. На основі проведеного аналізу запропоновано метод розробки системи детектування обличчя людини з потоку відео в режимі реального часу з використанням мови програмування Python.

Проведено обґрунтування вибору середовища розробки PyCharm і мови програмування Python.

Проведено аналіз та обґрунтування вибору готових модулів та бібліотек у Python, таких як:

- OpenCV;
- NumPy;
- Pillow;
- OS;
- Tkinter.

4 РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЕТЕКЦІЇ І РОЗПІЗНВАННЯ ЛЮДСЬКИХ ОБЛИЧЬ

4.1 Розробка та реалізація алгоритму детекції обличчя.

Першим етапом розробки системи було створення підсистеми детекції осіб із використанням каскадів Хаара. OpenCV має надійний набір каскадів Хаара, який і використовувався для проекту.

Об'єкти класифікатора особи створюються з використанням класу класифікатора OpenCV через `cv2.CascadeClassifier()` і завантаження відповідних файлів XML для каскадів Хаара.

Каскад Хаара для передньої частини обличчя створює квадратні хвилі з початком і кінцем, щоб створити патерни у формі прямокутника для розпізнавання сигналу відеопотоку. Приклад показаний рисунку 4.1.

У файлі xml по детекції фронтальної частини людської особи комбінується кілька вейвлетів – тобто каскад, який може ідентифікувати краї, лінії та кола з різною інтенсивністю кольору, як показано на рисунку 4.2.

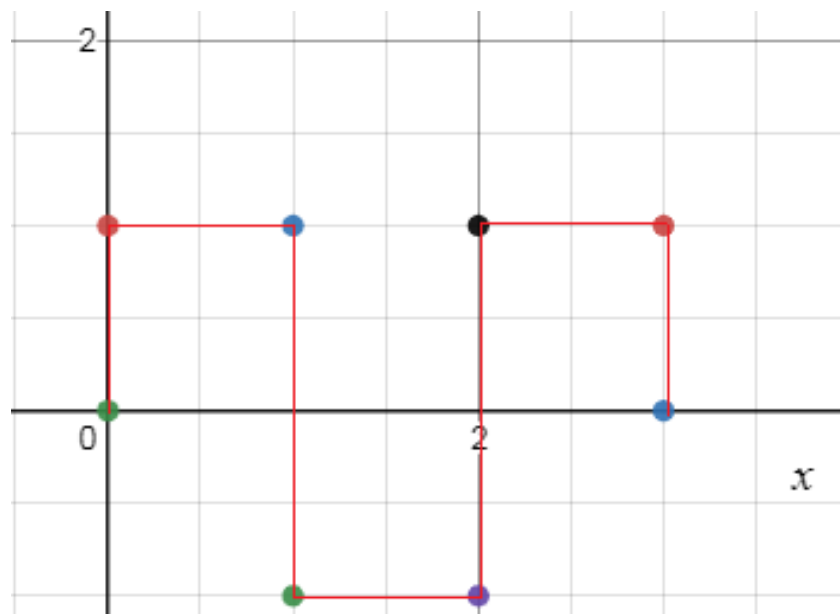


Рисунок 4.1 – Вейвлет Хаара

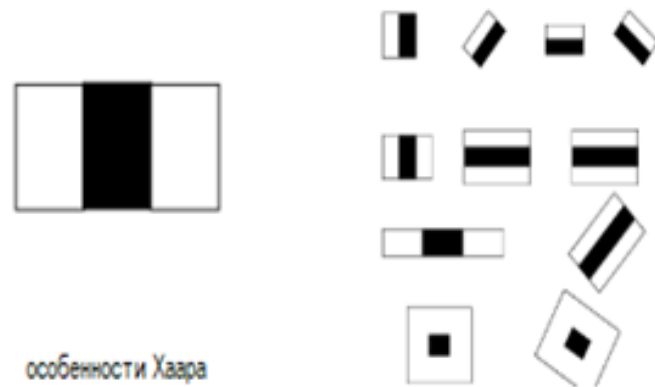


Рисунок 4.2 – Результати Хаар-подібні характеристики

Об'єкт камери створюється за допомогою `cv2.VideoCapture()` для захоплення зображень. Для аналізу зображення за допомогою `CascadeClassifier.detectMultiScale()` з використанням каскадів Хаара масштаб вибирається менше ніж цільове зображення. Потім він міститься на зображення, і бере середнє значення пікселів у кожному розділі. Якщо різниця між двома значеннями перевищує заданий поріг, це вважається збігом, тобто зіставляються об'єкти різних розмірів та повертається розташування [24]. Виявлення людської особи здійснюється шляхом зіставлення поєднання різних рис Хаара для контрасту чола, брів та очей, а також носа з очима, як показано нижче на рисунку 4.3. Блок-схему системи виявлення можна побачити на рисунку 4.4.



Рисунок 4.3 – Декілька Хаар-подібних рис, що збігаються з рисами обличчя

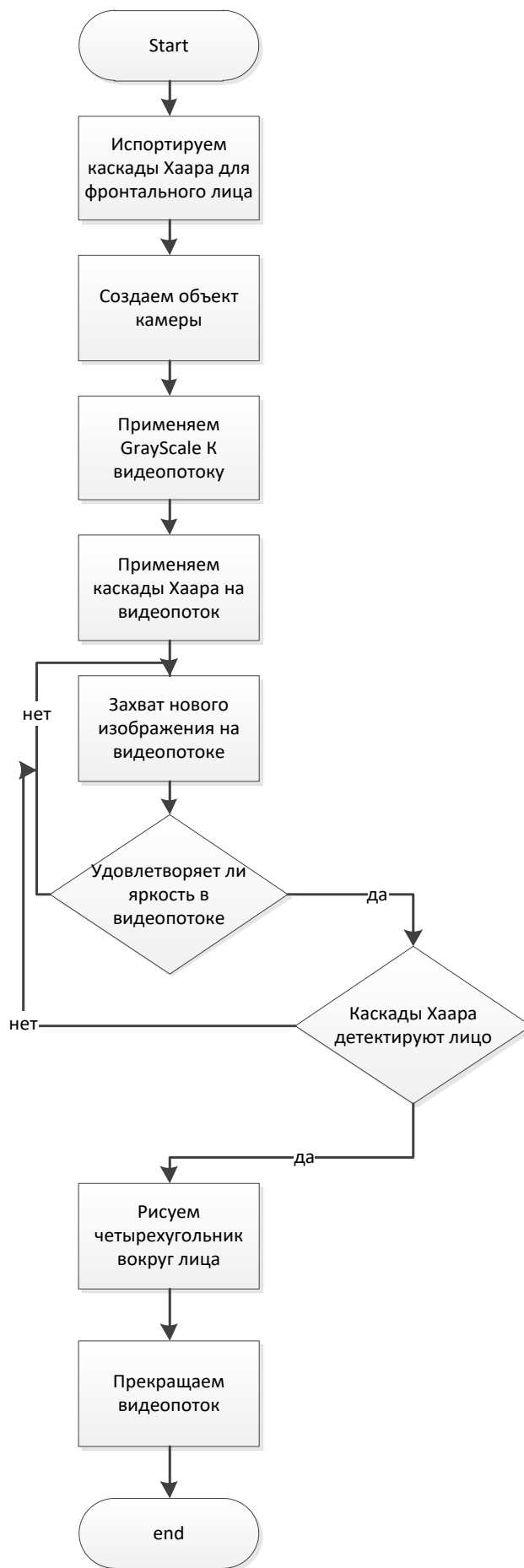


Рисунок 4.4 – Блок-схема программы для детектування обличчя

4.2 Розробка та реалізація алгоритму збирання бази даних фотографій

Збір класифікаційних зображень зазвичай здійснюється вручну за допомогою програмного забезпечення для редагування фотографій, щоб обрізати та змінювати розмір фотографій. Це трудомістке завдання автоматизується за допомогою програми для збору 30 зображень з різними виразами обличчя [24]. Програма виявляє відповідні вирази між 300 мс, випрямляє будь-який існуючий нахил і зберігає їх. Блок-схема програми показано на рисунку 4.6.

Робота модуля з набору бази даних зображень починається із запиту на введення імені та ID. Ім'я буде збережено з ідентифікатором у текстовому файлі під назвою Names. Система ідентифікації особи розпочинає роботу першою. Задаємо відеопотік grayscale. Тим не менш, перед початком захоплення особи програма перевіряє рівні яскравості і зніматиме обличчя, тільки якщо воно добре освітлене. Потім зображення обрізається та зберігається з використанням ідентифікатора як ім'я файлу, який буде ідентифікований пізніше. Ця програма запускається до того часу, поки людина не буде зібрано 30 робочих зображень. Після чого робоче зображення обробляється фільтром усунення шуму. Цей модуль забезпечив ефективніший збір даних.

Збереження фото відбувається за принципом – User. +ID+. + Номер поточного знімка особи +.jpg. Приклад збереження фото представлений на рисунку 4.5.



Рисунок 4.5 – Принцип збереження фото у базі даних

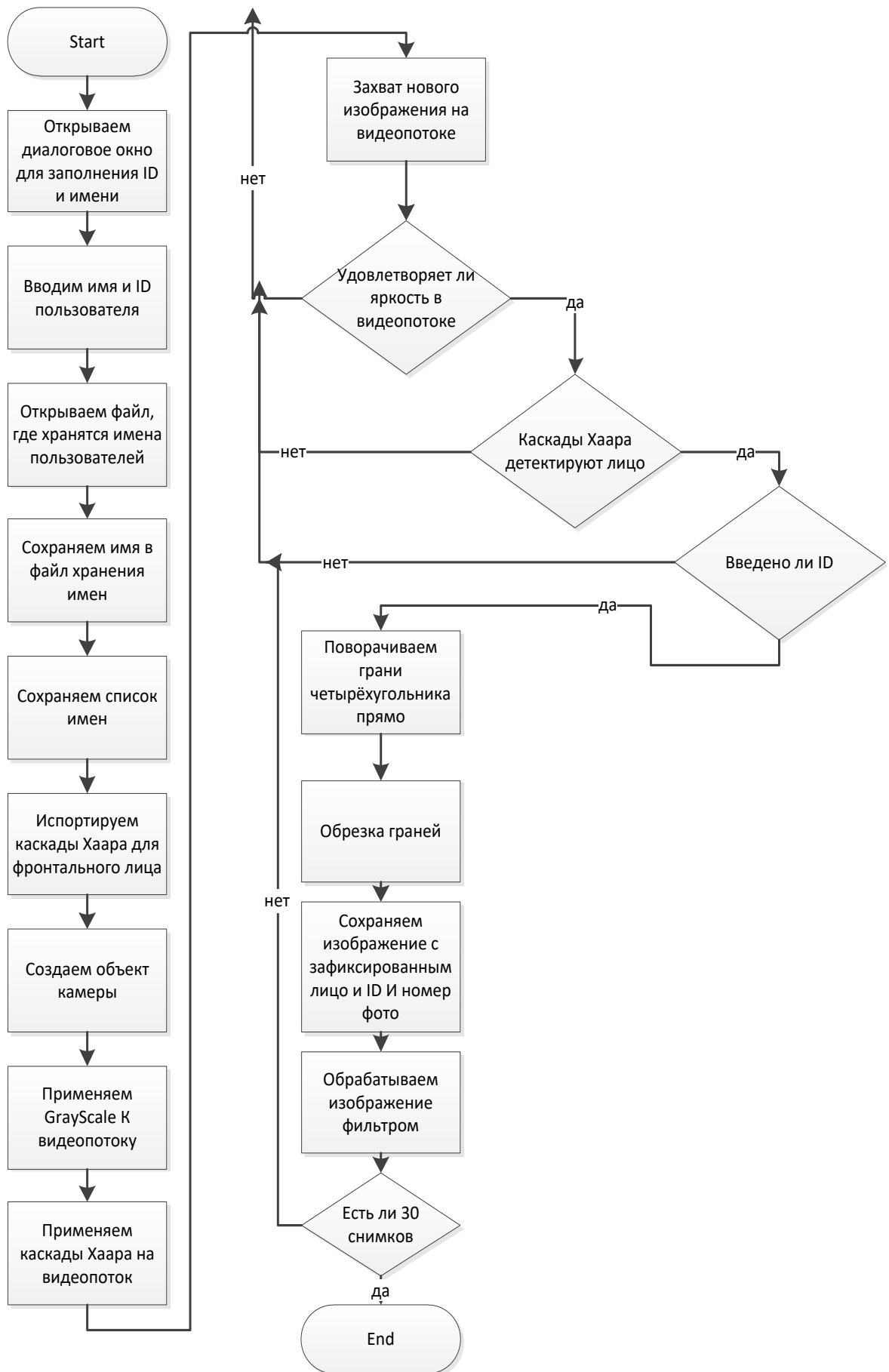


Рисунок 4.6 – Блок-схема для коллекции изображений

4.3 Розробка та реалізація алгоритму навчання

OpenCV дозволяє створювати файли yml для зберігання функцій, витягнутих із наборів даних за допомогою FaceRecognizerclass. Збережені зображення імпортуються, перетворюються на відтінки сірого та зберігаються з ідентифікаторами у двох списках з однаковими індексами. Об'єкти FaceRecognizer створюються за допомогою класу розпізнавача осіб.

Створюється об'єкт розпізнавача, який передають усі зображення, що зберігаються в базі даних. Після чого розпізнавач перетворює отримані зображення масиви і зберігаються у векторі. Ідентифікатор зображення збирається шляхом розділення імені файлу та зберігається в іншому векторі. За допомогою FaceRecognizer.train об'єкт розпізнавача навчається на наданій вибірці зображень. Потім модель конфігурації зберігається як YML-файла (структура зберігання YML-файла представлена на рисунку 4.7) з допомогою FaceRecognizer.save. Блок-схема навчання класифікаторів показано рисунку 4.8.

```
%YAML:1.0
---
opencv_lbpfaces:
  threshold: 1.7976931348623157e+308
  radius: 1
  neighbors: 8
  grid_x: 8
  grid_y: 8
  histograms:
    - !!opencv-matrix
      rows: 1
      cols: 16384
      dt: f
      data: [ 3.15721147e-02, 2.11833455e-02, 8.92784679e-04,
6.27854872e-03, 8.76552239e-03, 1.94789388e-03,
4.62624803e-03, 3.27083841e-02, 7.30460219e-04,
4.86973469e-04, 0., 3.24648980e-04, 6.41181739e-03,
8.92784679e-04, 1.20931743e-02, 4.61001545e-02,
2.24819425e-02, 5.84368175e-03, 3.24648980e-04,
1.62324496e-03, 1.70440716e-03, 1.62324490e-04,
7.30460219e-04, 1.37975812e-03, 9.09017120e-03,
1.37975812e-03, 1.62324490e-04, 9.73946939e-04,
2.54037827e-02, 1.54208264e-03, 4.14739065e-02,
3.31953578e-02, 8.11622478e-04, 2.43486735e-04, 0.,
1.62324490e-04, 8.11622449e-05, 0., 0., 4.86973469e-04,
8.11622449e-05, 0., 0., 0., 1.62324490e-04, 0.,
8.11622449e-05, 4.05811239e-04, 7.71041308e-03,
1.05510920e-03, 3.24648980e-04, 8.92784679e-04,
1.62324490e-04, 8.11622449e-05, 2.43486735e-04,
4.86973469e-04, 9.73946974e-03, 9.73946939e-04,
8.11622449e-05, 4.86973469e-04, 2.76763253e-02,
2.43486735e-04, 1.94789395e-02, 9.00900923e-03,
```

Рисунок 4.7 – Структура Yml-файлу

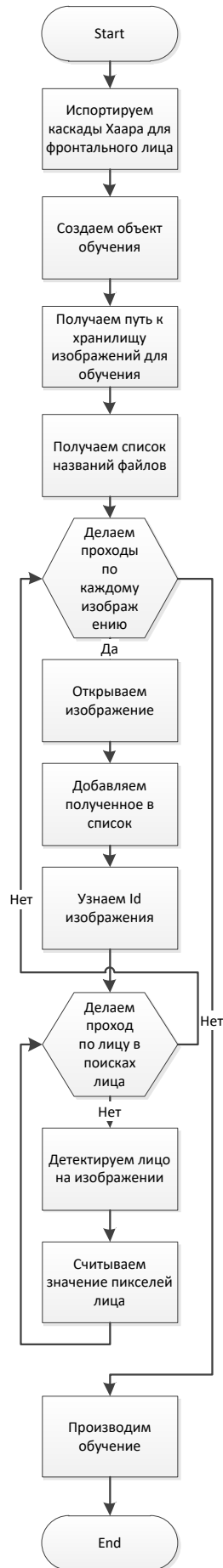


Рисунок 4.8 – Блок-схема навчання

4.4 Розробка та реалізація алгоритму розпізнавання

Для реалізації розпізнавання людської особи на відеопотоці необхідно імпортувати xml файл з готовими каскадами Хаара для фронтальної частини людської особи, а також uml файл, в якому зберігаються ознаки подібності кожного занесеного до бази даних осіб користувачів, для подальшого розпізнавання користувачів у режимі реального часу. Після чого створюємо об'єкт камери, щоб транслювати відеопотік у режимі реального часу, об'єкт класифікатора, до якого підключимо готовий uml файл та об'єкт розпізнавача, щоб розпізнавати особи на відео.

Застосовуємо фільтр grayscale до відеопотоку та підключаємо до нього каскади Хаара. Після цього буде здійснено захоплення нових кадрів для аналізу потоку. Якщо освітлення в приміщенні відповідає мінімальним вимогам для розпізнавання та детекції, вікно з відео виведеться на екран, інакше доведеться налаштувати освітлення або нахил відеокамери, щоб отримати бажаний результат. Якщо каскади Хаара не детектують особу, то необхідно надати особу у відеопотік для аналізу, якщо вона відсутня, або повернути голову для вдалої детекції особи, інакше в іншому випадку, якщо особа присутня у відеопотоку та каскади її розпізнали, то малюємо чотирикутник навколо області обличчя.

Після настає останній та основний етап цього алгоритму – аналіз особи. Виділивши область особи за допомогою каскадів Хаара проводиться аналіз області з вектором параметрів, який вдалося отримати під час навчання системи на готовій основі обличчя користувачів. У разі успіху аналізу виділеної області під чотирикутником вимальовуватиметься ім'я людини, чия особа присутня у відеопотоці та буде вказано відсоток збігів з даними з бази даних. В іншому випадку, якщо система не зможе розпізнати особу (<20%), яка присутня на відеопотоці, буде виведено напис – unknow. Алгоритм блок-схеми розпізнавання представлений рисунку 4.9.

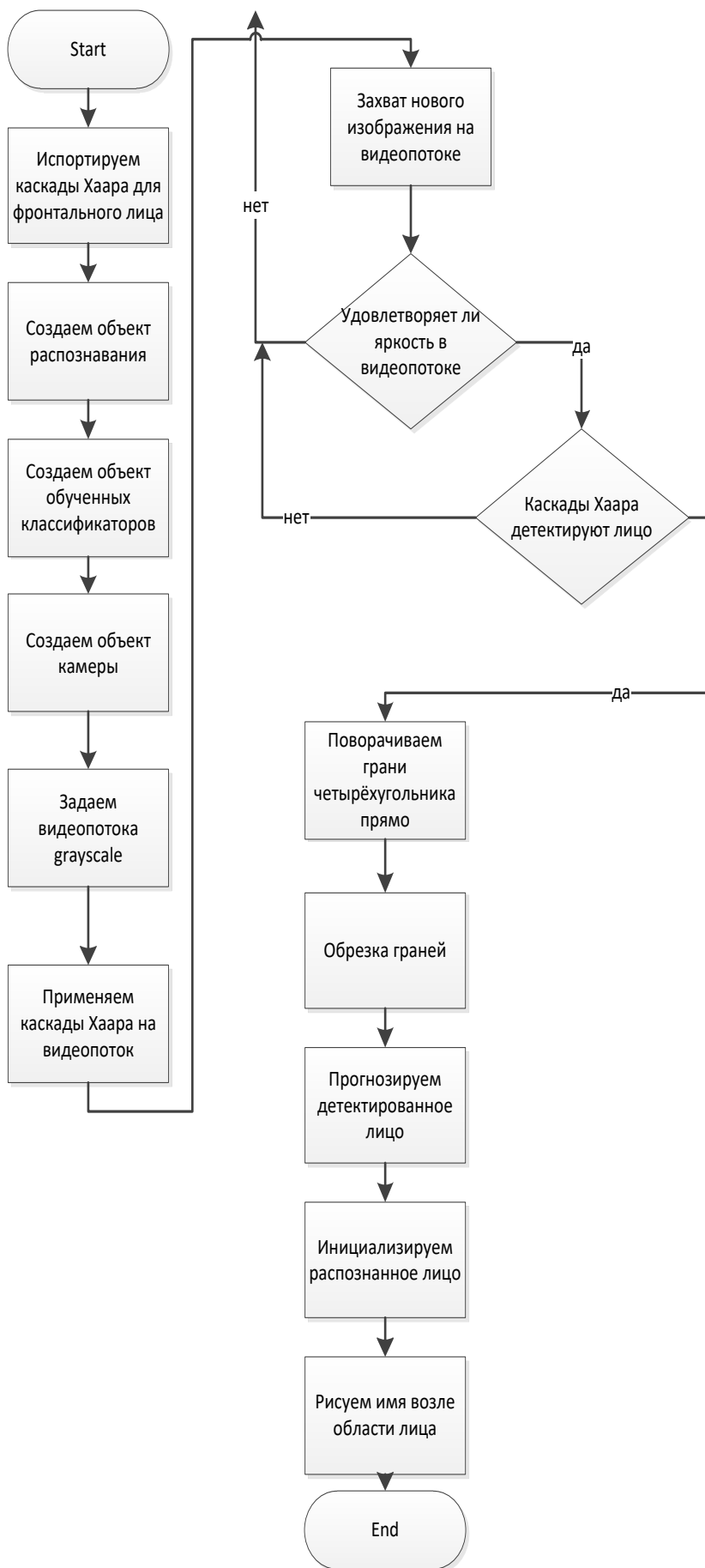


Рисунок 4.9 – Блок-схема розпізнавання особи

4.5 Розробка та реалізація інтерфейсу користувача

Інтерфейс користувача розроблявся за допомогою готового та вбудованого модуля графічного дизайну мови Python – Tkinter.

Першим етапом у розробці інтерфейсу була розробка головного вікна. Головне вікно є вікно розміром 460 пікселів у ширину і 195 пікселів у висоту. На цьому вікні розташовані 4 кнопки.

Перша кнопка має напис Dataset і вона відповідає за набір в базу даних навчальних вибірок користувачів для навчання в подальшому системи розпізнавання цих користувачів. При натисканні на першу кнопку спливе діалогове вікно, в якому будуть знаходитися 6 віджетів: 2 label, 2 текстові поля та 2 кнопки. Перший лейбл є написом id і він розміщується над текстовим полем, в яке необхідно буде вводити числове значення id набору фотографій певного користувача для подальшого навчання та класифікації в реальному часі. Другий лейбл є написом Name, він, як і перший лейбл, знаходиться у центрі і розташований після першого текстового поля і перед другим текстовим полем. Друге текстове поле відповідає за ім'я, яке оператор введе для додавання до списку імен для подальшого розпізнавання особи. Після цих 4 віджетів у нижньому правому куті розташовуються 2 кнопки. Перша кнопка має напис Cancel, якщо її натиснути, то ніяких операцій не буде проводитися далі спрямованих на поповнення бази даних, воно поверне вас на головне вікно. Друга кнопка має напис Ok, якщо її натиснути, то при введенні імені та Id кнопка спрацює та занесе вказане ім'я у файл, у якому зберігаються імена користувачів та привласнить вказаний Id у назву зображень, які вийдуть при наборі даних певного користувача. Завершивши із занесенням id та імені користувача по місцях діалогове вікно закривається та відкривається нове, в якому буде виведений відеопотік у реальному часі з вашої відеокамери, яка підключена до ПК, дане вікно завершить свою роботу, коли збереться 30 зображень для БД.

Друга кнопка має напис Test camera і вона відповідає за тестування відеокамери на комп'ютері і при натисканні на неї вона виведе вікно, в якому передаватиметься відеопотік з камери у разі працездатності пристрою, інакше вікно з відеопотоком не виведеться.

Третя кнопка має напис Trainer і вона відповідає за навчання системи розпізнавати людські особи у відеопотоці в режимі реального часу на готовому наборі даних користувачів.

Четверта кнопка має напис Recognition. Якщо зробити по ній клік, то буде виведено вікно, в якому транслюватиметься відеопотік з відеокамери персонального комп'ютера і на цьому потоці, якщо в полі зору камери присутня особа, система спробує його розпізнати з вже наявних даних.

Моделі роботи головного вікна кожної кнопки, крім 3, будуть представлені на рисунках 4.10-4.12.

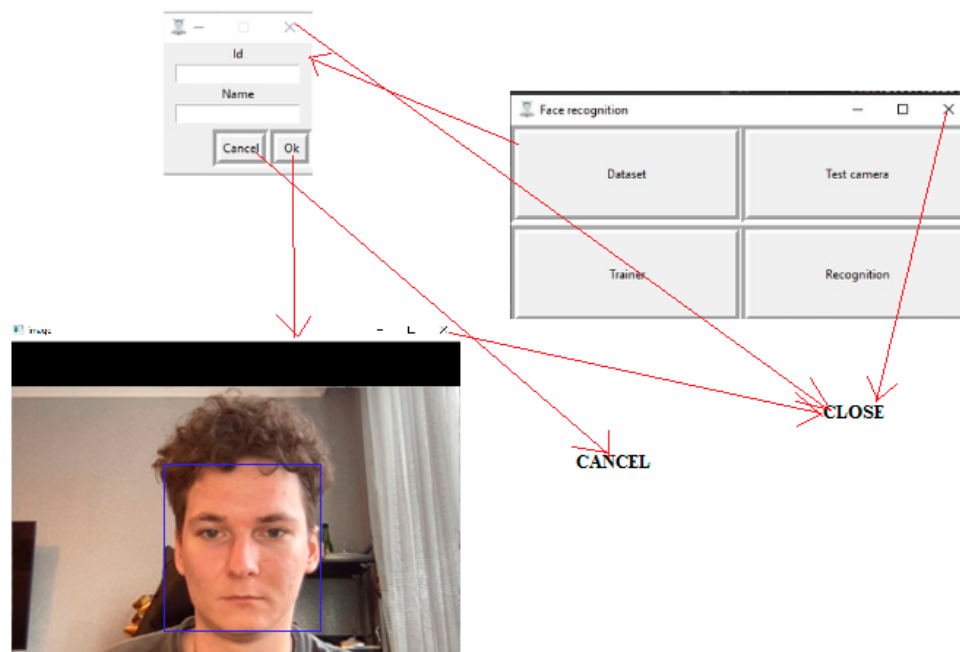


Рисунок 4.10 – Модель переходу на кнопке Dataset

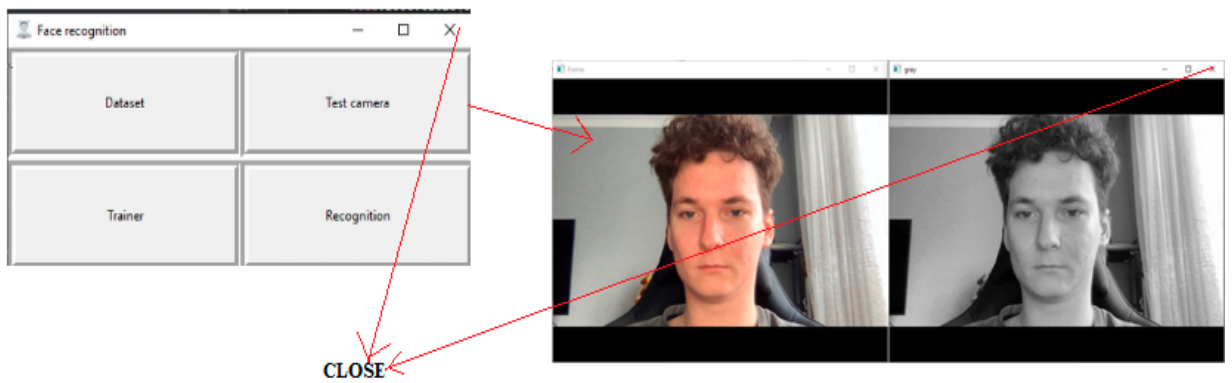


Рисунок 4.11 – Модель переходу на кнопку Test camera

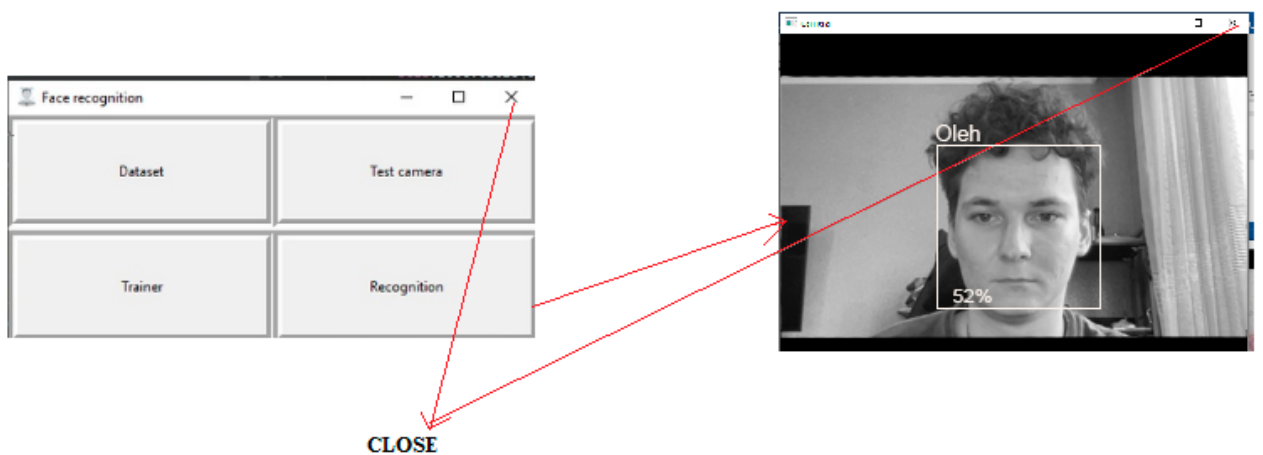


Рисунок 4.12 – Модель переходу на кнопку Recognition

4.6 Висновки до розділу 4

У четвертому розділі кваліфікаційної роботи розроблено прототип системи комп'ютерного зору для детектування обличчя людини з відеопотоку в режимі реального часу.

Виділені основні класи та компоненти програмної системи, встановлені зв'язки між ними. Була розглянута реалізація окремих прецедентів. Реалізація алгоритму розпізнавання обличчя, реалізація бази даних, а також інтерфейсу користувача системи для розпізнавання пози людини у режимі реального часу.

5 ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ

Завершивши розробку системи потрібно її протестувати. Як дані для тестування програми було обрано 3 людські особи при різних видах освітлення. Випробування проводилися на різних відстанях, а саме на 60 см, 100 см, 150 см.

5.1 Результати тестування

У таблиці 5.1 представлені результати тестування розпізнавання осіб з відривом 60 див. З цієї таблиці видно, що найкраще розпізнавання відбувається при штучному рівномірному висвітленні. За іншими показниками видно, що інші види освітлення майже вдвічі дали гірше показники і, отже, не підходять для розпізнавання людських осіб. Так само можна, але не бажано використовувати комбінований метод освітлення, тобто використання природного та штучного освітлення.

У таблиці 5.2 представлені результати тестування розпізнавання осіб на відстані 100 см. З даної таблиці видно, що найкраще розпізнавання відбувається при штучному рівномірному освітленні, як і при 60 см. Інші види освітлення майже в 2 і більше рази дали гірші показники і, отже, не підходять для розпізнавання людських осіб. Так само можна, але не бажано використовувати комбінований метод освітлення, тобто використання природного та штучного освітлення.

У таблиці 5.3 представлені результати тестування розпізнавання осіб на відстані 150 см. Найкраще розпізнавання відбувається при штучному рівномірному освітленні, як і при 60 см і 100 см. За іншими показниками видно, що інші види освітлення майже в 2 і більше рази дали гірші показники і, отже, не підходять для розпізнавання людських осіб.

Таблиця 5.1 – Результати тестування системи за 60 см

	Природне освітлення			Штучне освітлення		Комбіноване
	Верхнє	Бокове	Комбіноване	Загальне рівномірне	Загальне локалізоване	
Людина 1	37%	31%	28%	63%	30%	38%
Людина 2	40%	22%	27%	68%	25%	30%
Людина 3	35%	26%	30%	60%	31%	33%

Таблиця 5.2 – Результати тестування системи за 100 см

	Природне освітлення			Штучне освітлення		Комбіноване
	Верхнє	Бокове	Комбіноване	Загальне рівномірне	Загальне локалізоване	
Людина 1	17%	15%	0%	34%	13%	16%
Людина 2	15%	16%	1%	37%	10%	20%
Людина 3	17%	19%	5%	30%	9%	18%

Таблиця 5.3 – Результати тестування системи за 150 см

	Природне освітлення			Штучне освітлення		Комбіноване
	Верхнє	Бокове	Комбіноване	Обще Загальне рівномірне	Загальне локалізоване	
Людина 1	5%	8%	0%	14%	2%	2%
Людина 2	0%	5%	0%	10%	0%	0%
Людина 3	4%	1%	0%	12%	0%	0%

5.2 Висновки до розділу 5

Проведено тестування розробленого прототипу ПЗ за допомогою web-камери. Результати тестування показали, що пропонований в роботі метод детектування пози обличчя людини з відеопотоку в режимі реального часу має обмеження – кут пози обличчя не можуть бути розпізнані в деякій кількості напрямків, коли людина орієнтується на камеру, а також є певні недоліки пов'язані з недостатнім освітленням поверхні обличчя.

Беручи до уваги дані, що отримані під час тестування, у підсумку можна сказати, що на будь-якій відстані придатне лише рівномірне штучне освітлення для розпізнавання.

6 ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Аналіз умов праці в приміщенні користувача ПЕОМ

При роботі з комп'ютером людина піддається ряду небезпечних і шкідливих факторів.

До небезпечних виробничих фізичних факторів відносяться:

- підвищення рівня статистичної електроенергії;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- гіподинамія.

Крім фізичних факторів, існують і психофізіологічні фактори:

- інтелектуальні навантаження та напруженість праці;
- тривалі статистичні навантаження;
- одноманітність роботи.

Розглянемо більш конкретно кожен потенційну небезпеку з аналізом характеру їх дій на організм людини.

Електромагнітне поле, що виробляється джерелами живлення будь-яких пристроїв, сприяє осіданню пилу і аерозольних частинок на обличчі, руках, шиї, що може викликати у людей, які дуже чутливі до такого впливу, негативні реакції – сухість і алергію.

Електростатичне поле впливає на іонний склад повітря, що погіршує навколишнє середовище в приміщенні, де знаходяться комп'ютери.

Інфрачервоне випромінювання є найбільш небезпечним, так як воно проникає в тканини і підвищує їх температуру. Це може викликати почервоніння очей, подразнення та запалення.

У приміщеннях, де використовується сучасна комп'ютерна техніка, часто присутній шум, вібрація. Джерелами шуму в таких приміщеннях можуть бути вентиляційні установки, кондиціонери або периферійне обладнання для ПК. Тривалий ефект цих шумів негативно позначається на емоційному стані

персоналу. Гранично допустимі значення рівня шуму і вібрації у приміщеннях, обладнаних ПЕОМ, регламентуються Постановою про Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98. Відповідно ДСТУ в приміщеннях комп'ютерних центрів рівні звуку та еквівалентні рівні звуку не повинні перевищувати 50 дБ.

Недолік освітлення призводить до напруженого зору, послаблює увагу, призводить до настання передчасної втоми. Надмірно яскраве освітлення викликає роздратування і біль в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працівника. Всі ці причини можуть призвести до нещасного випадку на виробництві або професійного захворювання. Таким чином, перенапруження зорового нерву дуже сильно залежить від освітлення на робочих місцях. Основні вимоги до освітлення у приміщеннях визначені у постанові про Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПіН 3.3.2.007-98.

Сидяча робота користувачів ПК призводить до зниження м'язової активності – гіподинамії. При нестачі рухів спостерігається зниження споживання клітинами організму кисню, сповільнюється обмін речовин. Це може призвести до розвитку атеросклерозу, ожиріння, а також викликати дистрофію міокарда, хронічний головний біль, безсоння, роздратування тощо.

Особливість діяльності користувачів комп'ютерних технологій зумовлює появу психологічно небезпечних факторів – нервово-психічного навантаження, в результаті чого може знижуватися функціональна активність центральної нервової системи, виникають порушення в її діяльності. Всі ці фактори негативно впливають на здоров'я і сприяють виникненню професійних захворювань:

- кистьовий тунельний синдром – стиснення нерву в зап'ястному тунелі;
- синдром тривалого статичного навантаження – м'язи знаходяться в стані постійної втоми і ослаблення,

- миша-рука – атрофія м'язів;
- комп'ютерна алергія – алергія на пил і речовини, які виділяються в процесі роботи комп'ютера;
- радіохвильове захворювання – вегето-судинна дистонія і розлад центральної нервової системи.

6.2 Заходи щодо поліпшення умов праці

6.2.1 Електромагнітне випромінювання

При роботі з персональним комп'ютером найскладніша ситуація пов'язана з полями випромінювання, для найнижчих частот, які здатні викликати біологічні ефекти при контакті з живими організмами.

Для захисту зазвичай використовують:

- рідкокристалічний монітор, так як його випромінювання в кілька разів менше, ніж у ЕПТ-моніторів;
- здійснення контролю виключення ПЕОМ;
- режим сну для монітора;
- встановлення іонізатора повітря;
- зовнішній екран, з металевим покриттям, заземлений на загальну шину;
- екран монітора, який має антистатичну поверхню, що не дозволяє пилу притягуватися;
- регулярна вентиляція приміщення.

6.2.2 Освітлення

Штучне освітлення в приміщеннях, де використовуються монітор і ПК, повинно здійснюватися системою загального рівномірного освітлення. У промислових і адміністративно-громадських приміщеннях при більш продуктивній роботі з документами можна дозволити використання комбінованого освітлення.

Необхідно повністю виключити нерівномірний розподіл насичення освітлення в полі зору людини біля монітора і ПК, використовуючи співвідношення насичення освітлення між робочими поверхнями не більше 3:1-5:1, при цьому між робочими поверхнями і поверхнями обладнання та стін – 10:1.

В якості джерел освітлення необхідно використовувати в основному люмінесцентні лампи типу ЛБ, світлова віддача яких більше 75лм/Вт. Найбільш сприятливі для штучного освітлення – лампи білого кольору, потужністю 80 Вт, які мають майже природний спектральний склад світла, що дає оптимальну передачу кольору зображення.

6.2.3 Шум

У зонах, де рівень звукового тиску більше ніж 135дБ у будь-якій октавній смузі, працювати заборонено.

Для робочих місць, які використовують пристрої, а також в адміністративних будівлях і лабораторіях, які пов'язані з регулярно повторюваними операціями, гранично допустиме значення рівнозначного рівня звуку повинно бути менше 60 дБ при адекватній 8-годинній робочій зміні.

В якості захисту від шуму або його оптимізації застосовуються наступні заходи:

- раціональне розміщення робочих місць і обладнання, облік шумової карти приміщення;
- створення шумоізоляційних зон.

6.2.4 Мікроклімат

Величезний вплив на мікроклімат всередині будівлі надають джерела тепла, такі як ПК, прилади освітлення приміщення, а також сонячне випромінювання.

При цьому найбільші тепловиділення приміщень, які обладнанні комп'ютерами, в середньому віддають близько 80% (але не більше) тепла у сумі. Від пристроїв, що випромінюють світло, виділення тепла становить

близько 12%, від персоналу – 1%, від сонячної радіація 6%. Виділення тепла через непрозорі огорожувальні конструкції – 1%.

Середня вологість повітря також має величезний вплив на організм людини і роботу обладнання. Якщо вологість повітря досягає 40%, то основа магнітної стрічки стає крихкою, що збільшує знос магнітних головок, ізоляція проводів виходить з ладу, під час руху носіїв інформації в комп'ютері виникає статична електрика.

6.2.5 Електробезпека

Комп'ютер являє собою електричний пристрій з напругою живлення 220/380В, а також трифазною мережею та заземленою нейтраллю.

Монітор використовує напругу в десятки кіловольт. Щоб уникнути ураження електричним струмом, виникнення пожежі і пошкодження самого комп'ютера, необхідно дотримуватися таких заходів безпеки, як:

- забороняється вмикати комп'ютер і периферійні пристрої зі знятою кришкою;
- забороняється робота комп'ютера зі шнуром живлення з будь-якою несправністю;
- забороняється підключати певні периферійні пристрої до комп'ютера при включеному живленні;
- експлуатація комп'ютера заборонена в приміщенні з підвищеною вологістю або сильно забрудненим повітрям;
- не допускати закриття вентиляційних отворів на ПК та периферійних пристроїв.

6.2.6 Ергономіка

При розміщенні робочих місць з ПК відстань між столами з моніторами не повинна перевищувати 2,0 м, а відстань між бічними поверхнями моніторів не повинна перевищувати 1,2 м.

Робочі місця з ПК при реалізації творчої роботи, яка вимагає значного розумового напруження і високої концентрації уваги, зазвичай рекомендовано відгороджувати один від одного перегородками висотою 1,5 - 2,0 м.

Конструкція робочого крісла повинна підтримувати раціональну робочу поставу під час роботи на ПК, дозволяючи змінювати її, щоб знизити статичне напруження м'язів шийно-плечової області і спини, щоб запобігти розвитку втоми. Тип робочого крісла необхідно вибирати, враховуючи зріст людини, її поведінку та тривалість роботи з ПЕОМ. Екран монітора повинен розташовуватися від очей на відстані від 600 до 700 мм, але не менше 500 мм з урахуванням розмірів буквено-цифрових знаків і символів.

Інженер, який працює з ПК більше 50% свого робочого часу, зобов'язаний проходити первинний та періодичні медичні огляди в визначеному порядку.

6.3 Розрахунок штучного освітлення для приміщення

Необхідно розрахувати фактичне освітлення для робочого місця. Освітлення приміщення здійснюється за допомогою ламп типу LPO-36 або люмінесцентної лампи LDC потужністю 80 Вт, кількістю 2 штуки на лампу. За умовами, що стеля і стіни світлого кольору, вікна без штор та розмір приміщення 37,5 м³ (довжина приміщення – 5 м, ширина – 3 м, висота – 2,5 м), то мінімальний коефіцієнт освітленості для люмінесцентної лампи $Z = 1,1$.

Відстань від стелі до робочої поверхні розраховується за формулою (6.1):

$$h_{\text{п}} = H - H_{\text{р}}, \quad (6.1)$$

де H – висота приміщення, м;

$H_{\text{р}}$ – висота робочої поверхні над підлогою, м.

Таким чином відстань від стелі до робочої поверхні (м):

$$h_{\text{п}} = 2,5 - 0,70 = 1,8. \quad (6.2)$$

Відстань від стелі до світильника розраховується за формулою (6.3):

$$h_{\text{с}} = 0,2 \cdot h_{\text{п}}. \quad (6.3)$$

Звідси відстань від стелі до лампи (м):

$$h_{\text{с}} = 0,2 \cdot 1,8 = 0,36. \quad (6.4)$$

Висота підвісу світильника розраховується за наступною формулою (м):

$$h = h_{\text{п}} - h_{\text{с}}. \quad (6.5)$$

Звідси висота підвісу (м):

$$h = 1,8 - 0,36 = 1,44. \quad (6.6)$$

Коефіцієнт відображення стелі ($S_{\text{ст}}$) і стін ($S_{\text{ст}}$) визначається як:

$$S_{\text{ст}} = 70\%, \quad S_{\text{ст}} = 50\%. \quad (6.7)$$

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{A*B}{h*(A+B)}, \quad (6.8)$$

де A – довжина приміщення, (м);

B – ширина приміщення, (м);

h – висота підвісу світильника, (м).

Звідси індекс приміщення:

$$i = \frac{5*3}{1,44*(5+3)} = 1,3. \quad (6.9)$$

Коефіцієнт використання світлового потоку $K_{\text{вик}} = 0,33$.

Коефіцієнт запасу $K_3 = 1,4$.

Мінімальна нормована освітленість $E_n = 300$ люкс.

Світловий потік лампи (лм) визначається за формулою:

$$F = \frac{E_n * S * K_3 * Z}{N * K_{\text{вик}}}, \quad (6.10)$$

де S – площа приміщення, що має бути освітлене, (м^2);

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості;

N – кількість світильників в приміщенні (шт).

$$F = \frac{300*5*1,4*1,1}{3*0,33}. \quad (6.11)$$

Використовуються лампи LDC зі світловим потоком (лм):

$$F_1 = 3740. \quad (6.12)$$

Визначається світловий потік світильника LDC з двома лампами (лм):

$$F_2 = 2 \cdot 3740 = 7480. \quad (6.13)$$

Необхідна кількість ламп (шт) визначається:

$$N = \frac{E_H \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{F_2 \cdot K_{\text{вик}}} = \frac{300 \cdot 5 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{7480 \cdot 0,33}. \quad (6.14)$$

Фактичне освітлення визначається за формулою (люкс):

$$E_\phi = E_H \cdot \frac{F_2}{F_p} \quad (6.15)$$

$$E_\phi = 300 \cdot \frac{7480}{7000} = 320. \quad (6.16)$$

Фактичне освітлення становить 320 люкс, що більше допустимої норми на 7%, але залишається в межах норми.

Розташування світильників з видом зверху показано на рисунку 6.1.

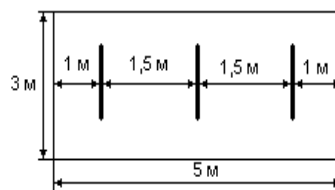


Рисунок 6.1 – Розташування світильників

6.4 Заходи пожежної безпеки

Комп'ютер інженера при розробці комплексного захисту інформації для підприємства визначається як електроприлад з напругою живлення 220/380.

Щоб уникнути ураження електричним струмом, появи пожеж і порушень роботи ПК, важливо дотримуватися таких заходів електропожежної безпеки, як:

- забороняється вмикати комп'ютер і периферійні пристрої зі знятою кришкою;
- забороняється робота комп'ютера з шнуром живлення з будь-якою несправністю;
- забороняється підключати певні периферійні пристрої до комп'ютера при включеному живленні;
- робота комп'ютера заборонена в приміщенні з підвищеною вологістю або сильно забрудненим повітрям;
- під час роботи необхідно дотримуватися певних заходів, які виключають різні удари та падіння комп'ютера;
- не залишати робочий комп'ютер без спостереження;
- запобігати потраплянню небажаних сторонніх предметів, рідин і сипучих речовин всередину комп'ютера і периферійних пристроїв;
- не допускати перегини, передавлення та натягувань силових кабелів;
- не встановлювати комп'ютер поруч з джерелами тепла;
- запобігати закриттю вентиляційних отворів на ПК та периферійних пристроях;
- електропостачання робочого місця необхідно підключити через вимикач, який встановлюється в зручному місці для швидкого відключення електроенергії на робочому місці, а також необхідно вжити заходів щодо знеструмлення робочого місця в екстрених ситуаціях;
- приміщення з ПК повинні бути обладнані вогнегасниками. Ручні вуглекислотні вогнегасники (наприклад, ВВ-2, ВВ-7), розташовуються в приміщеннях з різним обчислювальним обладнанням, виходячи з розрахунку один вогнегасник на 40-50 м² площі та від двох на приміщення.

6.5 Безпека життєдіяльності

Небезпека – це властивість живої і неживої матерії, яка може завдати певної шкоди людині, природному середовищу або матеріальним ресурсам.

Природні небезпеки зазвичай з'являються в результаті природних явищ в біосфері, такі як повені, землетруси, цунамі тощо, і обумовлені кліматичними умовами, а також місцевістю. Їх головна особливість - несподіванка їх появи, хоча їх невелику частину людина навчилася передбачати, такі як урагани і зсуви.

Антропогенні небезпеки викликані впливом людини на його середовище проживання через його діяльність і продукти життєдіяльності (наприклад, технічні засоби, викиди різних продуктів тощо). Чим більше перетворююча діяльність людини, тим більше рівень і кількість антропогенних небезпек, які є шкідливими і травмуючими факторами, що негативно впливають на людину і навколишнє середовище.

Техногенні небезпеки пов'язані зокрема з використанням електричної енергії, хімічних речовин, різних видів випромінювання (наприклад, іонізуючого, електромагнітного, акустичного), транспортних засобів, горючих, легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин і матеріалів, процесів, що відбуваються при підвищенні температури і тиску, під час експлуатації підйомно-транспортного обладнання.

Глобальні проблеми сучасності розуміють під собою сукупність соціально-природних проблем, від результату вирішення яких залежить певний соціальний прогрес людства і збереження його цивілізації.

Джерелом небезпеки є обмежені процеси на певній ділянці простору, що призводять до появи негативних впливів на людей, об'єкти техносфери і природного середовища. Такою зоною зазвичай є місця можливого виникнення природних небезпек, місця захоронення токсичних відходів, промислові об'єкти, промислові зони та селітебні території з об'єктами житлового забезпечення в цілому.

Небезпеки, які постійно супроводжують людське життя, можна класифікувати наступним чином: за джерелом появи, за розподілом в просторі, можливістю реалізації, невідомості розташування, тривалістю і регулярністю дій.

За джерелами виникнення, якими зазвичай є природне середовище, техносфера і суспільство, виділяють стихійні лиха, такі як: пожежі, вибухи, аварії, катастрофи, епідемії, епіфітотії, пандемії.

За ступенем розподілу у просторі небезпеки поділяються на концентровані, які виникають з окремих компактно розміщених об'єктів і розподіляються за координатами, тобто ті, що виникають від залізниць, трубопроводів або зон, до яких відносяться зони забруднення навколишнього середовища і можливих надзвичайних ситуацій: сейсмонебезпечні зони, полігони, позиційні райони ракетних дивізій, військово-морські бази, аеропорти, зокрема райони військових дій чи активної терористичної діяльності.

З точки зору реалізації виділяють небезпеки від шкідливих об'єктів (наприклад, шкідливих або несприятливих для життя зон) і потенційно небезпечних об'єктів (наприклад, районів, територій). У тому числі об'єкти, що містять певні джерела іонізуючого випромінювання, які є шкідливими в процесі адекватного використання.

До зон високої шкідливості зазвичай включають раніше забруднені території, які пов'язані з розвитком техносфери, включаючи розробку, випробування, експлуатацію та ліквідацію ядерних і радіаційно небезпечних об'єктів, а також з техногенними катастрофами, які вже мале місце (такими як Чорнобильська зона).

Потенційно небезпечний об'єкт визначається як такий, в якому отримують, використовують, переробляють, зберігають чи транспортують радіоактивні, вибухонебезпечні, легкозаймисті, небезпечні хімічні та біологічні речовини, які створюють велику загрозу у разі виникнення джерел надзвичайної ситуації.

Крім того, потенційно небезпечними об'єктами є об'єкти ядерної енергетики, хімічне та біологічне виробництво, об'єкти озброєння та військової техніки, вибухонебезпечні та пожежонебезпечні об'єкти, гідротехнічні споруди напірного фронту і ті, що регулюють стоки вод і т.д., на яких було здійснено накопичення значного руйнівного енергетичного потенціалу, або знаходиться великий запас речовин, які в результаті їх фізичних, хімічних, біологічних або токсикологічних властивостей становлять небезпеку для життя і здоров'я людини, тварин і рослин.

Концентрація на таких ділянках такого потенціалу небезпеки викликає загрозу заподіяння шкоди здоров'ю людини, об'єктам техносфери, навколишньому середовищу і здійснюється у вигляді небезпечних подій (таких як пожежа, вибух, виділення небезпечних речовин тощо) Отже, потенційно небезпечні об'єкти є джерела всіляких техногенних надзвичайних ситуацій.

Певна потенційна небезпека міститься і в природному середовищі, зокрема у вигляді природних явищ, таких як стихійні лиха, які на певній території можуть призвести до великих людських жертв, руйнування об'єктів і складових природного середовища, а також і в самому суспільстві, яка проявляється в епідеміях, пандеміях, тяжких злочинах, терористичних актах, бойових діях.

6.6 Висновки до розділу 6

Відповідно до норм з охорони праці для користувачів ПЕОМ можна сформулювати основні правила безпеки.

Оптимальна тривалість робочого часу за екраном монітора користувача ПК, що використовує монітор з захисним екраном, становить 4 години за восьмигодинний робочий день. Необхідно проводити періодичні перерви в кінці кожної години роботи продовж 5-ти хвилин, а через дві години – 15-хвилинну перерву, вимикати монітор та залишати робоче місце. Також рекомендується проводити гімнастику для очей, а саме періодично відводити

погляд в бік від екрану на 5-10 см., а кожні 45 хвилин роботи – обертання очима за годинниковою стрілкою і назад, а також гімнастичні вправи для рук.

Рекомендовані вимоги безпеки користувачів ПК:

– оптимальні параметри робочого місця працівника повинні сприяти комфортному знаходженню на протязі робочого часу, а саме: стіл рекомендовано висотою від 680 мм до 800 мм, або з підставкою для ніг. Крісло повинно бути з підйомно-поворотним механізмом та можливістю регулювання по висоті, кутам, нахилу спинки, так щоб вона підтримувала спину користувача, кут між стегнами і хребтом має становити 90°;

– площа робочого простору на одного користувача повинна становити не менше 6 м², об'єм – не менше 20 м³; відстань від екрану монітора до задньої стінки монітора сусіднього ряду має бути не менше двох метрів, а відстань між бічними стінками не менше 1,2 м.

– рекомендується застосовувати люмінесцентні лампи ЛБ як джерела штучного загального освітлення. Загальна освітленість має бути в діапазоні 300-500 лк. Додаткові джерела повинні використовуватися тільки для підсвічування документів і не створювати відблисків на поверхні екрану. Природне світло з вікон повинне падати збоку, бажано зліва;

– організовувати робоче місце, враховуючи шумову карту приміщення;
– необхідно підтримувати оптимальну вологість в приміщенні (60 % при температурі 21°C), а саме використовувати зволожувачі повітря, системи вентиляції та кондиціонування, розміщувати квіти;

– неухильно дотримуватись правил пожежної безпеки та проводити періодичні заходи по електробезпеці на робочому місці;

– працівник, який працює з ПК більше 50% свого робочого часу, зобов'язаний проходити первинний та періодичні медичні огляди в визначеному порядку.

ВИСНОВКИ

У рамках даної кваліфікаційної роботи було:

- розглянуто основні розділи та теми щодо реалізації алгоритмів детекції особи, збору бази даних фотографій людей, навчання та розпізнавання, а також основні розділи щодо створення користувача дизайну на основі модуля Tkinter мовою Python;

- розроблено та реалізовано алгоритм детекції особи;

- розроблено та реалізовано алгоритм збору бази даних фотографій людей для розпізнавання;

- розроблено та реалізовано алгоритм навчання;

- розроблено та реалізовано алгоритм розпізнавання людської особи;

- реалізований інтерфейс користувача.

- Також проведено аналіз тестування розпізнавання людської особи системою і було виявлено, що результат безпосередньо залежить від освітлення приміщення. На підставі даного результату виявлено, що найкраще для цього підходить штучне рівномірне освітлення, оскільки дає максимальний показник розпізнавання.

Проаналізувавши всі отримані результати роботи можна зробити висновок, що система не є максимально ефективною в процесі розпізнавання, але є економічно вигідною внаслідок своєї низької вартості.

Ефективність детекції можна покращити за допомогою додаткової детекції очей на обличчі. Поліпшити якість розпізнавання обличчя можна за допомогою ультрафіолетової камери.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Брилюк, Д.В. Розпізнання людини за зображенням обличчя нейромережевими / Д.В. Брилюк, В.В. Старовойтов. – М. : Мир, 2002. – 54 с.
2. Системи координат безпілотних літальних апаратів // Автоматизація, електроніка та робототехніка. Стратегії розвитку та інноваційні технології AERT-2021, ХНУРЕ / Іванов О.В., Хрустальов К.Л. - [Електроний ресурс]. Режим доступу: https://mts.nure.ua/wp-content/uploads/2021/11/aert-2021_web_44-47.pdf – 10.12.2021.
3. І. Ш. Невлюдов, Р. В. Артюх, Н. П. Демська, В. В. Євсєєв, О. І. Филипенко, О. М. Цимбал. Методичні вказівки з «підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи» для студентів другого (магістерського) рівня вищої освіти галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітні програми: «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва», «Комп'ютеризовані та робототехнічні системи» Харків: ХНУРЕ, 2021. 49 с
4. ДСТУ 3008 - 2015. Державний стандарт України. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення – Чинний від 22.06.2015
5. Khan A. I, Al-Habsi S. Machine Learning in Computer Vision, 2020. – [Електроний ресурс]. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920308218?via%3Dihub> – 10.12.2021.
6. Рогозин, О.В. Порівняльний аналіз алгоритмів розпізнавання осіб в задачі візуальної ідентифікації / О.В. Рогозин, С.А. Кладов. – М. : Мир, 2013. – 61 с.
7. Академия Intel. Введение в естественно-интуитивное взаимодействие с компьютером. Лекция 5: Модуль анализа мимики лица Intel Perceptual

Computing SDK, 2017. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.intuit.ru/studies/courses/10619/1103/lecture/18229>

8. Du Y., Wang W., Wang L. Hierarchical recurrent neural network for skeleton based action recognition. // Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2015. – Vol. 7. – No. 12. – P. 1110–1118.

9. Алексеев, В.Е. Графы и алгоритмы. Структуры данных. Модели вычисления: Учебник / В.Е. Алексеев, В.А. Таланов. - М.: Бином, 2014. - 320 с.

10. Image-based Face Recognition – Issues and Methods [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.face-rec.org/interesting-papers/general/chapter_figure.pdf – 19.11.2021.

11. В.И. Горбаченко, Б.С. Ахметов, О.Ю. Кузнецова. Интеллектуальные системы: нечеткие системы и сети. Учебное пособие. – М.: Юрайт, 2018. – 106 с.

12. Попко, Е. Распознавание образов : с чего начинать / Е. Попко // Класс робототехники [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://robotclass.ru/распознавание-образов-с-чего-начинат/> – 10.12.2021.

13. Система видеонаблюдения. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Система_видеонаблюдения/ – 10.11.2021.

14. Торстен, А Відеоаналітика: Міфи і реальність / А. Торстен, К. Іво, Л. Харальд // Security Focus – 2012. – с 111-116.

15. Методи, алгоритми і програмні засоби опрацювання біомедичних зображень / Березький О. М., Батько Ю.М., Березька К.М. і ін. Тернопіль: Економічна думка, ТНЕУ, 2017. 330 с

16. H.-S. Fang, S. Xie, Y.-W. Tai, and C. Lu, “RMPE: Regional multi-person pose estimation,” in ICCV, 2017.

17. Саймон Хайкін. Нейронні мережі. Повний курс. – М.: Вил'ямс, 2017. – 1104 с.

18. Круг, П.Г. Нейронні мережі і нейрокомп'ютери: Навчальне навчання по курсу «Мікропроцесори» для студентів, що навчаються за направленням

«Інформатика та вчислительная техника» / П.Г. Круг – М : МЭИ, 2012. – 216 с.

19. Хайкін, С. Нейронні мережі. Полный курс / С.Хайкін; [пер. с англ]. – М. : Издательский дом Вильямс, 2006. – 1104 с.

20. Kiranyaz, S., Ince, T., Iosifidis, A., Gabbouj, M. Operational neural networks. *Neural Computing and Applications*. – 2020. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s00521-020-04780-3> – 09.11.2021.

21. Toshev A., Szegedy C. Deeppose: Human pose estimation via deep neural networks // *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. – 2014. – с. 1653—1660.

22. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р.В. Гонсалес, Р. Вудс – М: Техносфера, 2005. – 1072 с.

23. Веретельник, Д.М. Детекція і розпізнавання осіб з використанням відкритого комп'ютерного зору OpenCV / Д.М. Веретельник, Е.А. Норкене, Д.М. Бочаров // *Інформатика, управляючі системи, математичне та комп'ютерне моделювання*, 2020. – с. 325-330.

24. Веретельник, Д.М. Методології детекції людського обличчя на зображеннях / *Сучасні інформаційні технології в освіті і наукових дослідженнях*. 2019. – с. 143-149.