

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет
імені Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра інтелектуальних інформаційних систем

ДОПУЩЕНО ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри інтелектуальних
інформаційних систем, д-р техн. наук, проф.
_____Ю. П. Кондратенко
« ____ » _____ 2022 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ СПІВРОБІТНИКІВ
ПІДПРИЄМСТВА НА БАЗІ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ
МЕРЕЖІ

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

122 – БКР – 401.21810309

Виконала студентка 4-го курсу, групи 401
_____ *В. П. Доній*
«13» червня 2022 р.

Керівник: канд. техн. наук, доцент
_____ *О. В. Козлов*
«13» червня 2022 р.

Миколаїв – 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чорноморський національний університет ім. Петра Могили
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра інтелектуальних інформаційних систем

Рівень вищої освіти **бакалавр**
Спеціальність **122 «Комп'ютерні науки»**
(шифр і назва)
Галузь знань **12 «Інформаційні технології»**
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри інтелектуальних
інформаційних систем, д-р техн. наук, проф.
_____ Ю. П. Кондратенко
« ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на виконання кваліфікаційної роботи

Видано студентці групи 401 факультету комп'ютерних наук Доній Валентині Павлівні.

1. Тема кваліфікаційної роботи «Система розпізнавання облич співробітників підприємства на базі згорткової нейронної мережі».

Керівник роботи Козлов Олексій Валерійович, канд. техн. наук, доцент.

Затв. наказом Ректора ЧНУ ім. Петра Могили від «07» 12 2021 р. № 318

2. Строк представлення кваліфікаційної роботи студентом «30» 05 2022 р.

3. Вхідні (початкові) дані до роботи: фотографія користувача в реальному часі на фронтальну камеру смартфона на базі операційної системи Android.

Очікуваний результат роботи: система розпізнавання облич задля підвищення ефективності та зручності обліку співробітників на підприємстві на основі згорткової нейронної мережі.

4. Перелік питань, що підлягають розробці (зміст пояснювальної записки):

- дослідження та аналіз сучасного стану задачі розпізнавання облич;
- огляд існуючих технологій для вирішення поставленої задачі;

- розробка функціоналу для системи розпізнавання облич співробітників підприємства на базі згорткової нейронної мережі;
- тестування системи, розробка інструкції користувача.

5. Перелік графічних матеріалів: презентація.

6. Завдання до спеціальної частини: створення безпечних і здорових умов праці у офісному приміщенні, опис основних питань охорони праці, пов'язаних с професійною діяльністю, виконання обрахунків інтегральної оцінки умов праці.

7. Консультанти:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис
Спеціальна частина з охорони праці	ст. викладач каф. екології Макарова О.В.	

Керівник роботи канд. техн. наук, доцент Козлов О. В.
(наук. ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Завдання прийнято до виконання Доній В. П.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Дата видачі завдання « 27 » листопада 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН
виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи

Тема: Система розпізнавання облич співробітників підприємства на базі згорткової нейронної мережі

№	Найменування роботи	Початок	Закінчення	Примітки
1	Подання заяви на затвердження теми та керівників БКР	27.10.2021	27.10.2021	Виконано
2	Отримання завдання на виконання БКР	24.11.2021	24.11.2021	Виконано
3	Складання календарного плану роботи на весь період виконання БКР	07.12.2021	07.12.2021	Виконано
4	Отримання завдання на переддипломну практику	17.05.2022	17.05.2022	Виконано
5	Проходження переддипломної практики, збір та аналіз матеріалів до БКР	23.05.2022	04.06.2022	Виконано
6	Розробка звіту з переддипломної практики	04.06.2022	06.06.2022	Виконано
7	Виконання БКР: аналіз сучасного стану задачі розпізнавання облич, огляд існуючих технологій, розробка ПЗ, тестування системи	28.02.2022 та 06.06.2022	27.03.2022 та 19.06.2022	Виконано
8	Попередній захист БКР на засіданні комісії кафедри	30.05.2022	31.05.2022	Виконано
9	Доробка та остаточне оформлення БКР	02.06.2022	20.06.2022	Виконано
10	Подання БКР рецензенту	16.06.2022	18.06.2022	Виконано
11	Подання БКР, її електронної копії та інших документів (відгуку, рецензії) до захисту	20.06.2022	22.06.2022	Виконано
12	Захист БКР перед екзаменаційною комісією (ЕК)	27.06.2022	29.06.2022	Виконано

Розробив студент Доній В. П.
(прізвище, ім'я, по батькові студента) _____ (підпис)

Керівник роботи к.т.н., доцент. Козлов О. В.
(посада, прізвище, ім'я, по батькові) _____ (підпис)

« 11 » _____ грудня _____ 2021 р.

АНОТАЦІЯ

**бакалаврської кваліфікаційної роботи студентки групи 401 ЧНУ ім. Петра
Могили**

Доній Валентини Павлівни

**на тему: "Система розпізнавання облич співробітників підприємства на базі
згорткової нейронної мережі"**

Об'єктом дослідження є процеси розпізнавання образів на основі систем штучного інтелекту.

Предмет дослідження – технології та програмні засоби розпізнавання облич на базі згорткових нейронних мереж.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності обліку працівників та збільшення рівня безпеки на підприємстві за рахунок використання технології розпізнавання облич на основі згорткових нейронних мереж.

Робота складається з фахового розділу і спеціальної частини охорони праці. Пояснювальна записка містить вступ, чотири основні розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

У першому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи наведено та досліджено основні теоретичні та наукові матеріали щодо системи розпізнавання обличчя, сфери застосування цієї технології та виконано аналіз сучасного стану задачі та наявних аналогів.

У другому розділі виконано огляд існуючих методів та технологій для вирішення задачі. Виявлено основні тенденції розвитку системи розпізнавання облич. Досліджено особливості розробки та структуру згорткової нейронної мережі і бібліотеку Dlib, за допомогою якої було реалізовано необхідні моделі та функції.

Третій розділ роботи описує конкретні застосовані методи та платформи для розробки застосунку. Описано мови програмування та обрані середовища розробки для frontend та backend-розробки. Детально розглянута реалізація процесу розпізнавання обличчя.

У четвертому розділі проведено тестування системи та наведено детальну інструкцію користування.

В результаті виконання роботи розроблено систему розпізнавання облич працівників підприємства на основі згорткової нейронної мережі.

Бакалаврська кваліфікаційна робота містить 92 сторінки, 46 рисунків, 2 таблиці, 33 використаних джерела та 3 додатки.

Ключові слова: *згорткові нейронні мережі, система розпізнавання обличчя, комп'ютерний зір, галузь підприємства, бібліотека Dlib.*

ABSTRACT

**Bachelor's qualification work of student of group 401 of the Petro Mohyla
Black Sea National University**

Valentina Donii

**on the topic: Facial recognition system of employees of the enterprise on the basis
of a convolutional neural network”**

The object of research is the processes of pattern recognition based on artificial intelligence systems.

The subject of research is technologies and software for face recognition based on convolutional neural networks.

The purpose of the bachelor's degree is to increase the efficiency of employee accounting and increase the level of security in the enterprise through the use of face recognition technology based on convolutional neural networks.

The work consists of a professional section and a special part of labor protection. The explanatory note contains an introduction, four main sections, conclusions, a list of sources used and appendices.

The first section of the bachelor's thesis presents and researches the main theoretical and scientific materials on the system of face recognition, the scope of this technology and analyzes the current state of the problem and existing analogues.

The second section provides an overview of existing methods and technologies for solving the problem. The main tendencies of development of the face recognition system are revealed. The peculiarities of the development and structure of the convolutional neural network and the Dlib library, with the help of which the necessary models and functions were implemented, were studied.

The third section describes the specific methods and platforms used to develop the application. Programming languages and selected development environments for frontend and backend are described. The implementation of the facial recognition process is considered in detail.

The fourth section tests the application and provides detailed instructions for use.

As a result of the work, an application with a system for recognizing the faces of employees of the enterprise on the basis of a convolutional neural network was developed.

The bachelor's thesis contains 92 pages, 46 figures, 2 tables, 33 sources and 3 appendices.

Keywords: *convolutional neural network, face recognition system, computer vision, industry, Dlib library.*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ.....	8
1.1 Основні поняття та визначення	8
1.2 Огляд основних підходів до розпізнавання обличчя	9
1.3 Останні публікації та дослідження. Сфери використання	12
1.4 Огляд існуючих аналогів	14
1.5 Постановка задачі.....	17
Висновки до першого розділу	18
2 МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ.....	20
2.1 Комп'ютерні технології в сфері підприємництва.....	20
2.2 Нейромережеві технології	21
2.3 Згорткові нейронні мережі.....	27
Висновки до другого розділу	33
3 РЕАЛІЗАЦІЯ ОБРАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДИК ДЛЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ.....	35
3.1 Backend-розробка системи розпізнавання облич	35
3.1.1 Середовище розробки PyCharm.....	35
3.1.2 Мова програмування Python	36
3.1.3 Фреймворк Flask.....	36
3.1.4 База даних PostgreSQL	38
3.1.5 Реалізація розпізнавання обличчя засобами бібліотеки Dlib.....	42
3.2 Розробка Frontend-частини застосунку розпізнавання облич співробітників.....	49
3.2.1 Середовище розробки Android Studio	49
3.2.2 Мобільний застосунок під ОС Android	50
3.2.3 Web-застосунок на React.....	52
Висновки до третього розділу	53

4 ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ ТА ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА.....	55
4.1 Керівництво користувача для мобільного застосунку	55
4.2 Опис функціоналу сайту	61
Висновки до четвертого розділу	66
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	80
ДОДАТОК А Критерії бальної оцінки умов праці.....	84
ДОДАТОК Б Залежність категорії умов праці від величини інтегральної бальної оцінки.....	86
ДОДАТОК В Лістинг коду	87

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ПЗ – програмне забезпечення

НР – нейронні мережі

ЗНМ – згорткова нейронна мережа

ОС – операційна система

CV (Computer Vision) – комп'ютерний зір

CNN – convolutional neural network

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

на тему:

«СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ СПВРОБІТНИКІВ ПІДПРИЄМСТВА НА БАЗІ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ»

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

122 – БКР – 401. 21810309

Виконала студентка 4-го курсу, групи 401

В. П. Доній

(підпис, ініціали та прізвище)

«13» червня 2022 р.

Керівник: канд. техн. наук, доцент

(наук. ступінь, вчене звання)

О. В. Козлов

(підпис, ініціали та прізвище)

«13» червня 2022 р.

Миколаїв – 2022

ВСТУП

Ера інформаційних технологій розширює сучасні можливості автоматизації великої кількості процесів, заощаджуючи час та ресурси. З кожним днем створюється велика кількість нових технологій штучного інтелекту у різних галузях людської діяльності. Прогрес, який відбувся у цій галузі за останні 20 років вражає. Одним з найбільш поширених напрямів штучного інтелекту, на даний момент, є розпізнавання образів. Застосунки, які виконують ідентифікацію облич інтенсивно розвиваються, і з кожним днем попит на них зростає. Так, наприклад, багато людей на сьогодні користуються технологією Face ID на смартфоні для отримання доступу до даних або для проведення швидких транзакцій. Також, на кожному підприємстві, де необхідний моніторинг працівників, затребуваність у розпізнаванні облич зростає з кожним днем.

Не дивлячись на широку популярність наявних сучасних систем розпізнавання облич, існують певні проблеми, які в деяких випадках заважають успішно проводити ідентифікацію людини. До них належать поворот обличчя, зміна зовнішнього вигляду і т.д.

Саме ці проблеми в розпізнаванні облич досить ефективно можуть вирішуватися за допомогою нейронних мереж. Таким чином, на даний момент, задача розробки системи, що справно працює, здійснює економію часу, зменшує витрати на ресурси та забезпечує підвищення рівня безпеки на підприємстві є досить актуальною.

Об'єктом дослідження є процеси розпізнавання образів на основі систем штучного інтелекту.

Предмет дослідження – технології та програмні засоби розпізнавання облич на базі згорткових нейронних мереж.

Метою роботи є підвищення ефективності обліку працівників та збільшення рівня безпеки на підприємстві за рахунок використання технології розпізнавання облич на основі згорткових нейронних мереж.

Завдання для досягнення поставленої мети:

- здійснити аналіз сучасного стану задачі розпізнавання облич та існуючих технологій для її вирішення;
- дослідити особливості розробки та реалізації згорткових нейронних мереж для розпізнавання образів;
- розробити функціонал застосунку та інструкції користувача нейромережевої системи розпізнавання облич для підприємства;
- виконати тестування системи розпізнавання облич для підприємства;
- розглянути питання охорони праці.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

1.1 Основні поняття та визначення

Людина спроможна ідентифікувати об'єкти довколишнього світу за орієнтовно десять мілісекунд. Згідно з дослідженнями, проведеними у сфері нейробиології, було доведено, що для того, щоб відбувся процес швидкого розпізнавання активуються певні ділянки мозку – це процес, який виконується когнітивною системою [1]. Мозок людини порівнює побачені образи з даними, які зберігаються в довготривалій пам'яті та виконує їх ідентифікацію. Нейрони в скроневій частині мозку допомагають людям виконувати цю функцію.

Сприйняття зображень може відбуватися через виділення особливих ознак, попередній аналіз, порівняння зображень з зразком, існуючим в пам'яті. Аналогічним чином вирішується задача розпізнавання облич технологіями комп'ютерного зору. Комп'ютерний зір, який є галуззю штучного інтелекту, котрий повністю імітує роботу нервової системи людини, спрямований на надання комп'ютерам і системам можливості отримувати важливу інформацію з візуальних даних та виконувати певні дії над ними [2]. Активно досліджуваною проблемою комп'ютерного зору на даний момент є розпізнавання облич. Ця сфера набуває великої популярності та її методика використовується відомими та найвпливовішими корпораціями, такими як Google, Apple та Meta.

Система розпізнавання облич – це технологія, яка виконує ідентифікацію особи на цифровому зображенні. Головною метою розпізнавання є зіставлення характерних ознак обличчя заданого зображення з обличчями, які зберігаються в базі даних. Першим науковцем, який почав використовувати комп'ютерні технології для задачі розпізнавання облич ще в 1964 році був Вудді Бледсоу [3]. Також він визначив основні труднощі, які виникають в процесі

реалізації, такі як якість та кут освітлення, поворот голови, вік особи чи зміна зовнішнього вигляду.

Задача розпізнавання обличчя людини складається з нижченаведеної послідовності кроків:

- виявлення лиця на зображенні;
- вирівнювання зображення;
- визначення індивідуальних характеристик обличчя;
- співставлення з існуючими даними та виявлення схожості.

Застосування цих технологій призвело до появи різноманітних методів ідентифікації.

1.2 Огляд основних підходів до розпізнавання обличчя

Широка популярність технології розпізнавання призвела до створення великої кількості методів її реалізації, але найпоширенішими підходами для розпізнавання обличч є метод Віоли-Джонса, метод головних компонент та нейромережевий метод. Розглянемо переваги та недоліки кожного з них.

Метод Віоли-Джонса виявляє об'єкти в режимі реального часу. Даний метод був розроблений ще в 2001 році науковцями Віолою та Джонсом. В основі цього підходу лежать примітиви Хаара (див. рис. 1.1), які являють собою прямокутники з двома рівнями: +1 та -1, які виконують функцію пошуку необхідного обличчя. [4] Даний підхід виконується шляхом зміни частини зображення на значення. Після чого виконується розрахунок різниці інтенсивності різних областей пікселів.

Головним недоліком цього методу є різке падіння точності розпізнавання обличчя під кутом, що перевищує 30 градусів, нестійкість до якості освітлення чи зміни міміки обличчя. Також точність розпізнавання не є достатньо високою.

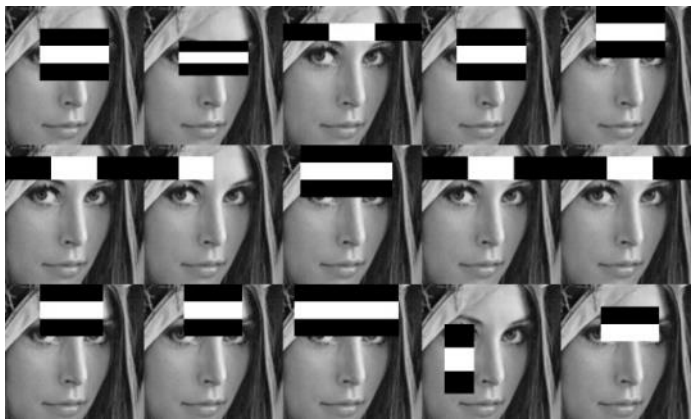


Рисунок 1.1 – Ознаки Хаара

Наступним будемо розглядати *метод головних компонент (МГК)*. Сутність цього методу полягає в побудові для початкового зображення деякої кількості головних компонент. Характеризується наявністю вхідних векторів, які зведені до одного масштабу зображення, та власних векторів, які розраховані для усього набору зображень та мають назву – власні особи [5]. Розпізнавання виконується порівнянням головних компонент невпізаного зображення з компонентами усіх інших зображень, розраховуючи евклідову відстань чи іншу метрику (див. рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Приклад власних осіб

Перевагою методу є застосування в практичних додатках. Недоліком даного методу виступає великий вплив на точність методу якості освітлення та змін

зовнішнього вигляду обличчя чи виразу обличчя. Можна зробити висновок, що даний метод можливо застосовувати лише в бездоганних умовах.

Використання нейронних мереж для аналізу зображень та комп'ютерного зору є найпоширенішим та найефективнішим методом. Саме **згорткові нейронні мережі** зараз здебільшого використовуються практично для обробки зображень [6] та дають одні з найкращих результатів. Згорткова нейронна мережа (CNN) – це глибинна штучна нейронна мережа, яка визначає потрібну кількість прихованих шарів на основі проблеми, яку потрібно вирішити. Для навчання мережі зазвичай застосовують метод зворотного розповсюдження помилки.

Згорткові нейронні мережі реалізують такі принципи:

– *локальне сприйняття;*

На відміну від повнозв'язної мережі, де кожний нейрон підключається до кожного пікселя вхідного зображення, в згорткових мережах нейрон отримує на вхід лише обмежену кількість пікселів – через це пікселі сильніше пов'язані. Операція, що виконується нейроном у цьому типі мережі, називається згорткою. Саме через неї ця нейронна мережа отримала свою назву.

– *розподілення ваг;*

Усі нейрони мережі використовують однакові ядра згортки для обробки різних регіонів зображень. За рахунок спільного використання одних і тих же ваг в ядрах згортки ми істотно зменшуємо кількість ваг, які нам потрібно визначити в процесі навчання (див. рис. 1.3).

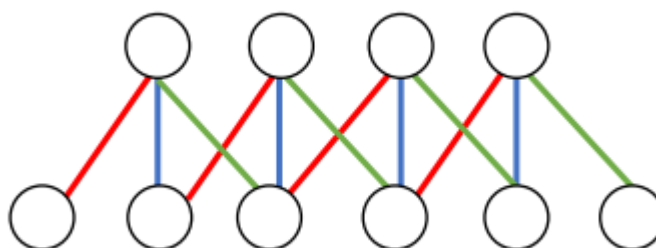


Рисунок 1.3 – Розподілення ваг

– зменшення розмірності.

Нам необхідно розпізнавати об'єкти незалежно від масштабу. Для зменшення розмірності в згорткових нейронних мережах використовуються так звані шари підвиборки.

Згорткові нейронні мережі складаються з шарів згортки і підвиборки, що чергуються та з'єднані між собою. Особливість нейронних мереж цього типу у тому, що необхідні ядра згортки визначаються автоматично у процесі навчання. На рис. 1.4 зображено типову архітектуру згорткової нейронної мережі:

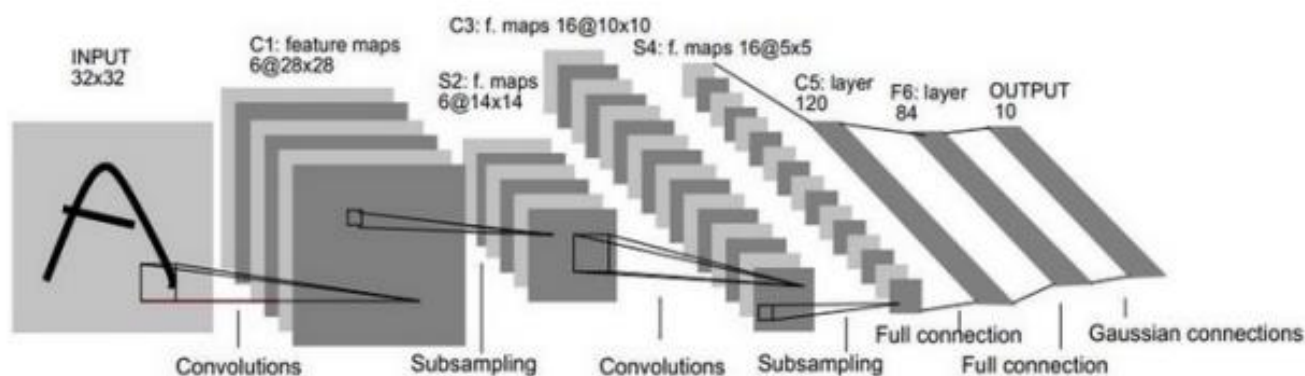


Рисунок 1.4 – Архітектура згорткової нейронної мережі

Вибір методу, який буде використаний для розпізнавання обличчя, базується на чітких умовах його використання. Головною перевагою обраного підходу використання згорткових нейронних мереж є порівняна стійкість до змін масштабу, зсуву та повороту зображення, можливість розпаралелювання розрахунків та мала кількість вагових коефіцієнтів [7].

1.3 Останні публікації та дослідження. Сфери використання

Останнім часом, системи розпізнавання обличчя на базі згорткових нейронних мереж є предметом досліджень науковців та вчених. Новітні публікації зробили великі досягнення у вирішенні різноманітних проблем обробки зображень. Так у

публікації 2019 року, вчені з Китаю, Ч. К'ю, К. У та інші, вирішували проблему поганої точності розпізнавання через різний кут повороту обличчя в приміщенні [8]. Для цього вони розробили алгоритм, заснований на глибинній нейронній мережі, який виділяв особливості обличчя та тестувався з абсолютно різних кутів зору. Чітка структура алгоритму дозволила добре виконувати розпізнавання різноманітних поз обличчя.

Наступним цікавим науковим матеріалом є, розроблена корейським вченим Г.П. Намом та його колегами, модель загорткової нейронної мережі [9], котра виділяє ненавчені карти функцій та саме цим робить процес розпізнавання незалежним від масштабу зображень та їх роздільної здатності. Модель має назву PSI-CNN та результати тестування є навіть кращими, ніж у відомої моделі VGG.

Ще одним проектом є розпізнавання обличчів розумними окулярами на базі згорткової нейронної мережі. Дослідження проведено науковцем С. Ханом [10], реалізація була виконана великою кількістю функцій, які схожі з ознаками Хаара. Точність розпізнавання методу в ході тестування складала 98%. Особливо корисною ця технологія може бути у пошуку злочинців органами порядку.

Одна з останніх публікацій навіть розглядає вплив прикусу на розпізнавання обличчя. Виконуючи вирівнювання обличчя та його ідентифікацію, розробники добігли рівня точності 96%, при тому, що рівень оклюзії складав 25% [11]. Точність методу залежить від коефіцієнту прикусу обличчя. Навіть така біологічна особливість зубів людини була врахована в дослідженнях по розпізнаванню обличчів згортковими нейронними мережами.

Швидкість розвитку у сфері комп'ютерного зору зростає з кожним днем. Останні дослідження індійських вчених є вражаючими. Вони розробили систему за допомогою глибокої ЗНМ, яка розпізнає емоції на обличчі людини [12]. Ця методика здатна виконати класифікацію 5 різних емоцій. Ця система тестується та має гарні перспективи для удосконалення.

Всі ці розробки та дослідження поширюються на майже усі можливі сфери життя людини, такі як банківська сфера, системи для обліку працівників, соціальні

мережі (технологія Face ID) та охоронні системи, криміналістика, телеконференції і різного роду підприємства. В епоху розвинених технологій, можемо спостерігати ідентифікацію облич навіть в розважальних галузях, по типу масок в соціальній мережі Instagram, в медицині для пошуку та діагностування хвороб, в бізнесі для онлайн-страхувань та можливості безконтактної верифікації користувачів, існує навіть технологія оплати за допомогою обличчя. Все це лиш доводить попит на цю сферу та її поширення в майбутньому в усі галузі діяльності людини.

В цій роботі розглядається верифікація обличчя на підприємстві. Це контролює доступ людей в умовах їх великої кількості в основні робочі години через фіксований час початку роботи, економить час співробітникам великих підприємств та створює швидкий доступ до робочих місць, полегшує роботу представникам охорони. Ці технології підвищують безпеку та забезпечують зручний, надійний та швидкий вхід до території компанії.

Отже, використання методики комп'ютерного зору поширюється й активно використовується людьми на кожному кроці, стає основним предметом досліджень для науковців та є технологією майбутнього.

1.4 Огляд існуючих аналогів

У зв'язку з активним розвитком сфери розпізнавання облич виникло багато застосунків, сервісів та різноманітних рішень цієї задачі. Але, саме галузь підприємництва має лише декілька цікавих застосунків. Розглянемо два з них: BioID Розпізнання осіб та Railer.

Застосунок **BioID** призначений для забезпечення безпеки даних. В разі підтвердження обличчя, особа отримує доступ до важливої інформації. Розпізнавання обличчя виконується через біоідентифікатор (див. рис. 1.5).

Переваги:

- висока ефективність розпізнавання;

- захист даних працівників;
- підтримує ОС iOS та Android;
- підтримка багатьох мов(6).

Недоліки:

- низький користувальницький рейтинг;
- певні неполадки та гальмування в роботі застосунку.

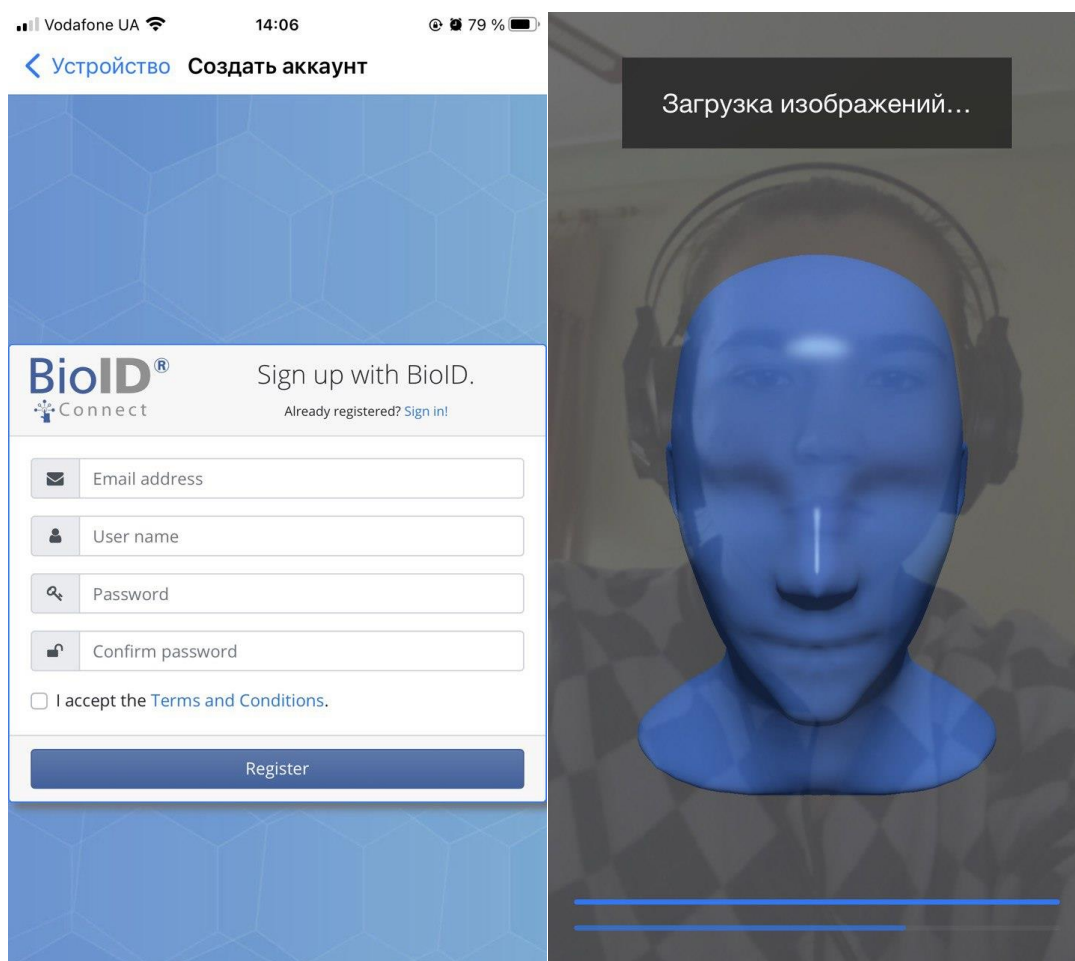


Рисунок 1.5 – Основні етапи роботи програми Bioid Розпізнавання осіб

Застосунок **Railer** призначений для контролю відвідування та керування процесами співробітників підприємства. Цей застосунок містить у собі також керування відпустками та певну аналітику про працівників (див. рис. 1.6). Розроблено для мобільних операційних систем iOS та Android, додаток

безкоштовний та підтримує 8 мов. З переваг цього додатку можна виділити наступні:

- безкоштовний;
- підтримка багатьох мов (8);
- система розпізнавання обличчя одним дотиком для реєстрації та виїзду;
- можливість керування відпустками;
- налаштування годин роботи, можливість додавання працівників та їх аналітика.

Недоліки:

- певні недоліки в точності розпізнавання;
- закрита технологія.

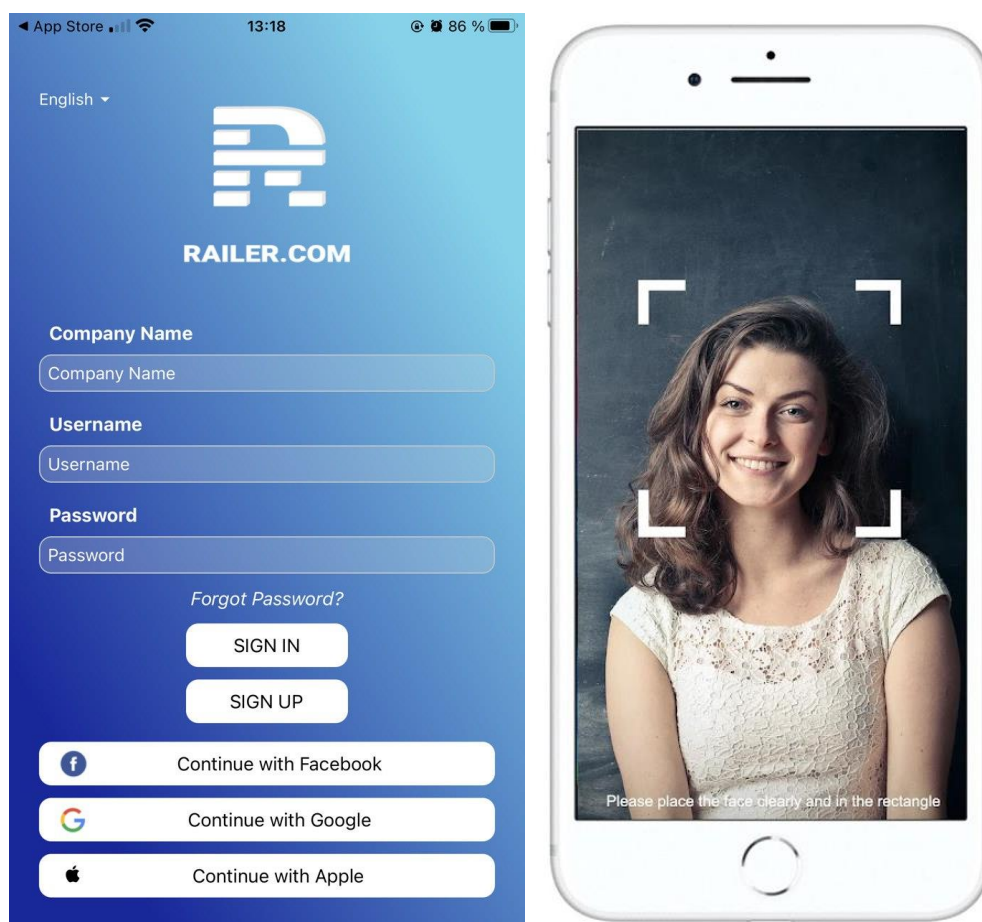


Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд та функції програми Railer

Мій застосунок є більш удосконаленим, простим та зрозумілим для користувачів. Недоліки, які присутні в наведених аналогах пропрацьовано та враховано в розробленій програмі.

1.5 Постановка задачі

В даній роботі реалізується створення системи розпізнавання облич з використанням бібліотеки Dlib на базі згорткової нейронної мережі ResNet для працівників підприємства. Було застосовано глибинну нейронну мережу для практичного вирішення задачі верифікації людини по обличчю, яка навчена визначати 128 індивідуальних числових характеристик обличчя. Система розпізнавання облич в сфері бізнесу дозволяє збільшити рівень безпеки, забезпечити комфорт та ефективність доступу до робочих місць для робітників.

Об'єктом дослідження є процеси розпізнавання образів на основі систем штучного інтелекту.

Предмет дослідження – технології та програмні засоби розпізнавання облич на базі згорткових нейронних мереж.

Метою роботи є підвищення ефективності обліку працівників та збільшення рівня безпеки на підприємстві за рахунок використання технології розпізнавання облич на основі згорткових нейронних мереж.

Завдання для досягнення поставленої мети:

- здійснити аналіз сучасного стану задачі розпізнавання облич та існуючих технологій для її вирішення;
- дослідити особливості розробки та реалізації згорткових нейронних мереж для розпізнавання образів;
- розробити функціонал застосунку та інструкції користувача нейромережевої системи розпізнавання облич для підприємства;
- виконати тестування системи розпізнавання облич для підприємства;

- розглянути питання охорони праці.

Розпізнавання облич у наш час є прогресивним напрямком в ІТ-сфері, дає змогу вирішувати складні завдання та підвищує ефективність автоматизації процесу обліку робітників.

В результаті розробки буде створено мобільний застосунок з впровадженою системою розпізнавання облич для співробітників підприємства, яка дає можливість користувачам верифікувати персонал підприємства та web-застосунок для зручного перегляду даних працівників. Мобільний застосунок має працювати на усіх смартфонах з операційною системою Android, виконувати усі поставлені вимоги, бути зручним та зрозумілим користувачу.

Розроблена система повинна мати реалізацію наступних функцій:

- створення та додавання нового користувача/працівника;
- коректне розпізнавання вже існуючих робітників;
- контроль та фіксація часу прибуття працівників;
- можливість перегляду даних співробітників.

Для програмування застосунку використовуються об'єктно-орієнтовані мови програмування Python для backend розробки та Java, Typescript для frontend розробки.

Висновки до першого розділу

Наразі великий потенціал та популярність має технологія розпізнавання облич. Підтвердженням цього є впровадження її у сфери діяльності, починаючи від соціальних мереж та розблокування телефону і закінчуючи системами безпеки банку. Затребуваність і важливість удосконалення технології розпізнавання облич беззаперечна. Вона впливає на підвищення рівня безпеки на підприємстві, удосконалення системи обліку співробітників тощо.

Попри широку популярність, також існують певні недоліки, які стають на заваді точного розпізнавання облич, які також розглянуто. Тому виникає необхідність у дослідженні та більшому розвитку цих методик.

Оглянувши найпоширеніші методи розпізнавання облич та виділивши їх переваги та недоліки обрано згорткові нейронні мережі, які містять усі необхідні характеристики для виконання поставленої задачі.

Таким чином, виконавши аналіз вже існуючих систем розпізнавання та негативних факторів впливу, дослідивши останні публікації та наукові матеріали на цю тему, можемо зробити висновок, що системи розпізнавання облич є перспективним напрямком, який варто вдосконалювати, підтримувати й розвивати.

2 МЕТОДИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ

2.1 Комп'ютерні технології в сфері підприємництва

В процесі неупинного розвитку технологій почали створюватися все більше підприємств. Доступ до комп'ютерних технологій потрібен підприємцям для ефективного та зручного керування бізнесом. Нещодавно, пандемія COVID-19 сприяла тенденції онлайн-покупок та велика кількість фірм могли забезпечити собі прибуток лише за допомогою ІТ-технологій. Також комунікація зі своїми співробітниками по відео зв'язку, дистанційне навчання, каси самообслуговування – усе це стрімко увійшло в наше життя.

Трансформація бізнесу створює нові можливості, тому що технології демонструють нам новий погляд на речі та удосконалюють вже існуючі рішення. Автоматизація багатьох процесів пришвидшила швидкість виконання роботи та підвищила продуктивність. Однією з останніх технологій є розумне дзеркало, яке здатне визначати та реагувати на голос та жести людини та дає можливість користувачам розглянути себе в різному одязі в якості онлайн-примірочної та поява чат-ботів, які можуть надати необхідну консультацію.

Використання меншої кількості ресурсів та водночас покращення якості при низьких затратах збільшує швидкість постачання послуг потенційним клієнтам. Підприємства можуть працювати над своєю онлайн-репутацією, отримувати попит на продукцію через гарні відгуки користувачів та високі рейтинги на сайтах. Програмне забезпечення вдосконалило відносини з клієнтами та значно підвищило рівень їх задоволеності, що стало можливим через розуміння реальних потреб користувачів.

Одна з найголовніших технологій сучасного світу – Інтернет, який виконує важливу маркетингову роль для будь-якого підприємства та дає змогу залучати клієнтів по усьому світу, виконувати доставку та сплачувати рахунки. За

дослідженнями експертів ІТ корпорації SAP, ті 83% компаній, які проваджували новітні технології отримали приріст прибутку за збільшили частку на ринку [13].

В 21 столітті ми складно можемо уявити виконання транзакцій без гаджетів. Разом з тим постає проблема безпеки, яку комп'ютерні технології вирішують за рахунок використання шифрувань та паролів. Технології мають можливість зберігати велику кількість конфіденційних даних та робити їх стійкими до злому.

Комп'ютерні технології докорінно змінили аспекти бізнесу, адже лише шість років тому соціальні мережі навіть не були майданчиком для заробітку, а сьогодні блогери сплачують податки та можуть офіційно зареєструвати себе як ФОП. Хмарні сервіси роблять можливим зниження витрат на купівлю апаратних рішень. Інструменти автоматизації допомагають підприємцям робити контроль витрат та отримувати нагадування про заплановані зустрічі, допомагає ефективно використовувати свій час. Система обліку працівників також стала можливою за рахунок технології розпізнавання обличчя. Проблема контролю часу прибуття працівників на великих підприємствах не мала ефективного вирішення раніше, але з появою нейромережевих технологій це стало можливим.

2.2 Нейромережеві технології

Багатьма вченими досліджується будова мозку та процеси, які він виконує. В результаті цих експериментів було доведено, що людський мозок утворюється зі ста мільярдів нейронів [14].

Біологічна нейронна мережа утворена сукупністю нейронів, які з'єднані між собою нейронними волокнами. Синапси проводять сигнали до потрібних клітин, а аксон в свою чергу проводить імпульси до інших клітин. Біологічний нейрон, котрий обробляє вхідну інформацію, з'єднується з іншими нейронами та формує мережу. Структура біологічного нейрону відображена на рис. 2.1:

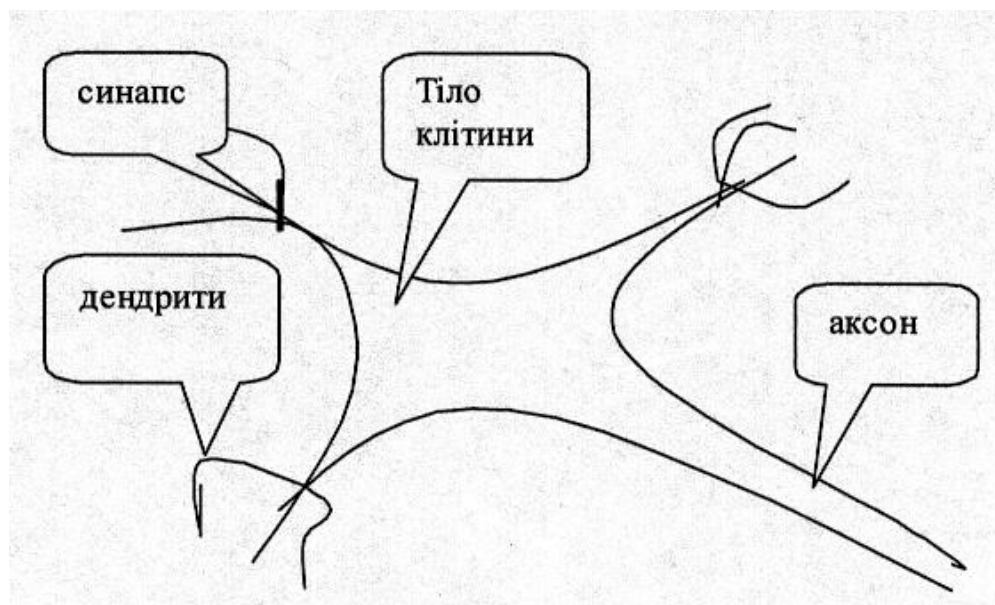


Рисунок 2.1 – Біологічний нейрон

Саме біологічна нейронна мережа дала поштовх розвитку методів штучного інтелекту, котрий являє собою усі підходи та математичні моделі, які імітують розумову діяльність людини. Через бажання вчених навчити комп'ютери аналізувати інформацію та вкласти здатність до навчання подібно людині було створено штучні нейронні мережі.

Штучна нейронна мережа була утворена за принципом роботи нервових клітин людського мозку на базі вивчення біологічних принципів його функціонування та вперше була визначена двома вченими – Маккалоком та Піттсом ще в 1943 році. Вони також визначили першу функцію активації, це була порогова функція активації, яка задається формулою :

$$Y = \begin{cases} 0, & S < \theta \\ 1, & S \geq \theta \end{cases}, \quad (2.1)$$

де S – зважена сума;

θ – порогове значення.

Нейронна мережа складається з сполучених між собою штучних нейронів і виконує обробку інформації з будь-якої галузі. Нейрони, які знаходяться в одному і тому самому шарі не з'єднуються між собою, але складають з'єднання кожним нейроном наступного шару. Модель штучного нейрону (див. рис. 2.2) є аналогом біологічного нейрону.

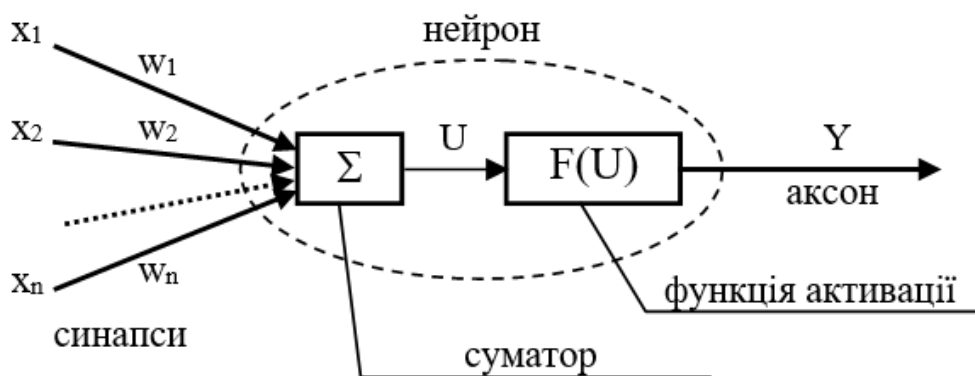


Рисунок 2.2 – Структура штучного нейрону

Нейрон є певним елементом, котрий містить деяку кількість входів, які називають синапсами і на які надходять вхідні сигнали, та один вихід, який називають аксоном відповідно та з якого беруть вихідний сигнал. Нейрони формують нейронну мережу шляхом з'єднання синапсів із аксонами. Кожний синапс має вагу w .

Штучний нейрон виконує такі функції:

- 1) сумує вхідні сигнали;
- 2) підраховує функцію активації.

Згідно з наведеною нижче формулою, суматор відповідно сумує вхідні сигнали, які множаться на вагу:

$$\sum_{i=1}^n x_i w_i = x_1 w_1 + x_2 w_2 + \dots + x_n w_n, \quad (2.2)$$

де n – кількість входів нейрону;

w – вага нейрону;

x – вхідне значення.

На виході суматора отримується число, яке є сумою усіх сигналів, помножених на ваги.

Після обчислення зваженої суми, її значення підставляється в *функцію активації* $F(U)$, яка обраховує вихідне значення, реалізує обмеження амплітуди коливань вихідних сигналів та визначає правило переробки інформації. Існує багато типів функції активації (див. рис. 2.3), тип функції активації визначається за типом нейронів. Найбільш часто використовують такі функції активації як сигмоїдну, лінійну, гіперболічний тангенс, ступінчасту і т.д.

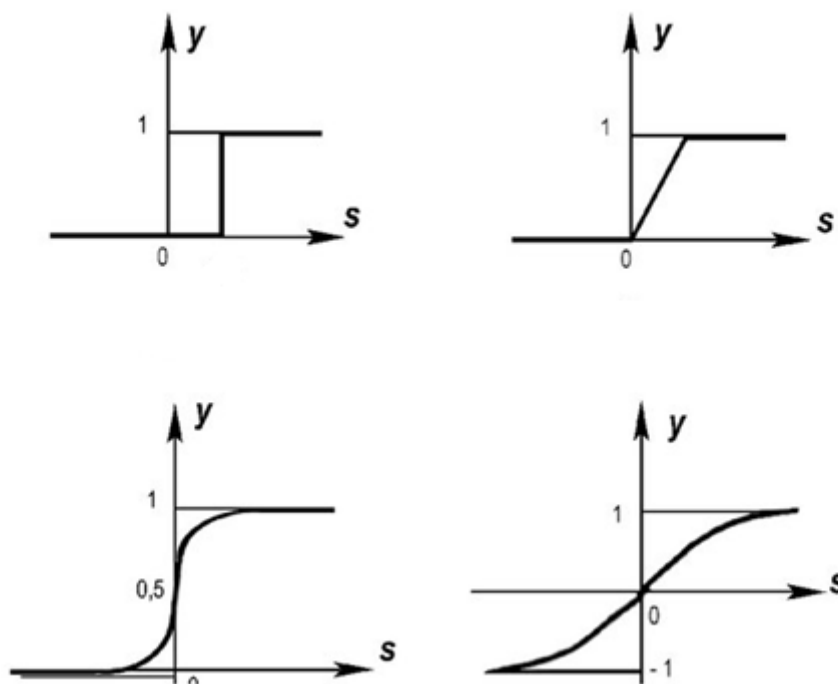


Рисунок 2.3 – Графіки функцій активації: порогова, лінійний поріг, сигмоїдна, гіперболічний тангенс

Навчання нейронних мереж відбувається за рахунок підбору вагових коефіцієнтів задля регуляції вхідних значень. Низькі ваги послаблюють сигнал, а високі – навпаки, посилюють.

Методи навчання НМ поділяють на два типи:

- Навчання з вчителем;
- Навчання без вчителя.

Навчання з вчителем характеризується наявністю правильних відповідей, порівнюючи з якими після отримання результату мережі, відбувається корекція похибки таким чином, щоб вона була мінімальною. *Метод навчання без вчителя* виконується шляхом пошуку нейронною мережею відповідей. Автоматичне налаштування параметрів в цьому випадку має перевагу в тому, що не потрібно готувати велику кількість даних.

За характером використання елементів розділяють два типи: детерміновані та стохастичні. Найбільш поширеним правилом серед детермінованих є *алгоритм зворотнього розповсюдження помилки*. (див. рис. 2.4).

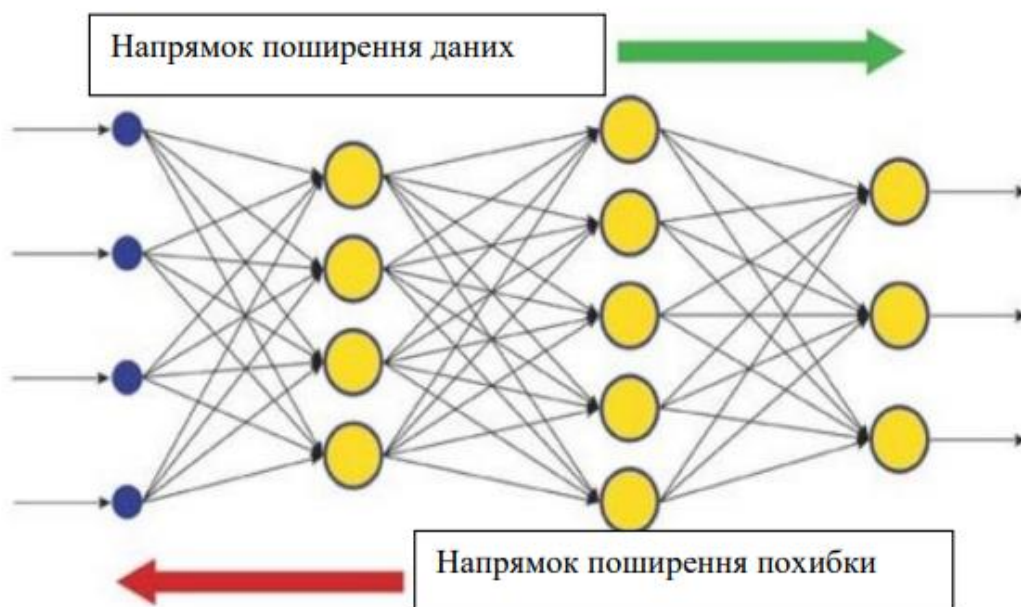


Рисунок 2.4 – Схема алгоритму

Це алгоритм, який використовується з ціллю мінімізації середньоквадратичного відхилення поточного виходу від бажаного. Стохастичні методи базуються на рандомній зміні вагів та виконують збереження лише таких параметрів, котрі поліпшили результат. Детерміновані методи навчання ґрунтуються на корегуванні на основі аналізу сигналів.

Нейронні мережі використовуються в задачах, де є достатня кількість прикладів та невідомі принципи рішення завдання, також де присутні великі об'єми вхідної інформації. В залежності від вирішуваного завдання визначається кількість шарів та нейронів.

Загалом, НМ за структурою складаються з трьох шарів (див рис. 2.5):

- вхідний шар (нейрони виконують функцію розподілу вхідних сигналів по прихованому шару, цей шар може бути тільки один)
- прихований шар (кількість нейронів може бути різна, вони формують вихідні сигнали)
- вихідний шар (результат обробки вхідних даних)

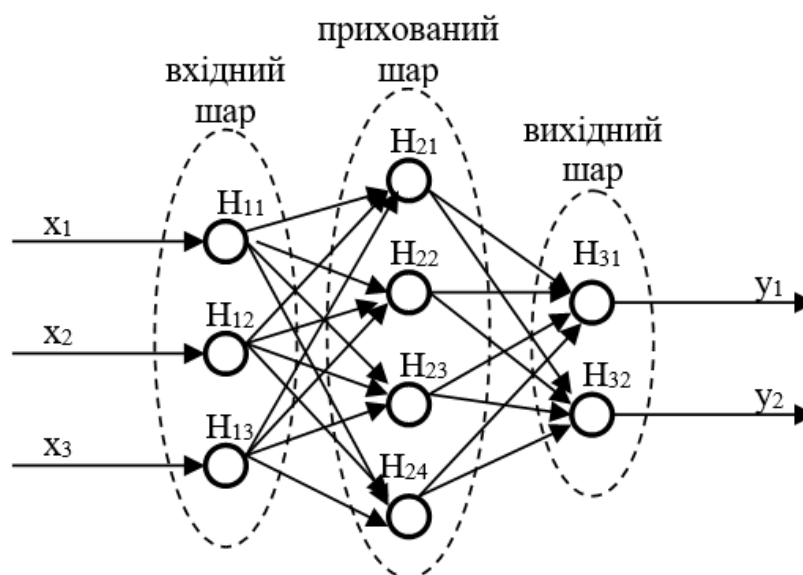


Рисунок 2.5 – Нейронна мережа виду 3-4-2

Найпопулярнішим типом НМ є *мережі прямого поширення*, де вхідні сигнали послідовно проходять через нейрони тільки від входу до виходу. Найбільшою перевагою цього типу мережі є гнучкість.

Глибинна нейронна мережа – мережа, яка має більше ніж один прихований шар. До них відносять рекурентні нейронні мережі, капсульні нейронні мережі та згорткові нейронні мережі і т.д.

Висока ефективність нейромережевих технологій поширює сфери їх використання, такі як розпізнавання та класифікація образів, кластеризація, прогнозування, прийняття рішень, кодування, управління тощо.

2.3 Згорткові нейронні мережі

Згорткові нейронні мережі – різновид глибинних штучних нейронних мереж прямого поширення. Найперша згорткова нейронна мережа була винайдена Яном ЛеКуном в 1998 році і мала назву LeNet. Вона виконувала розпізнавання рукописних цифр. ЗНМ використовувалися в багатьох дослідницьких роботах розпізнавання. Найперші згадки – це роботи Лоуренса [15] та Мацугу.

На даний момент цей вид мереж добре працює з зображеннями та має найкращі результати у сфері розпізнавання та сегментації об'єктів. ЗНМ мають швидкість розпізнавання, яка перевищує мережі інших видів на 10-15%. Це стає можливим за рахунок обліку двовимірної топології зображення [16].

ЗНМ має певні переваги над ШНМ:

- менша кількість налаштованих ваг;
- можливість навчання на графічних процесорах;
- розпаралелювання обчислень;
- стійкість до спотворень зображення таких як зміна масштабу, повороту та зсуву картини.

На рис. 2.6 зображена структура ЗНМ:

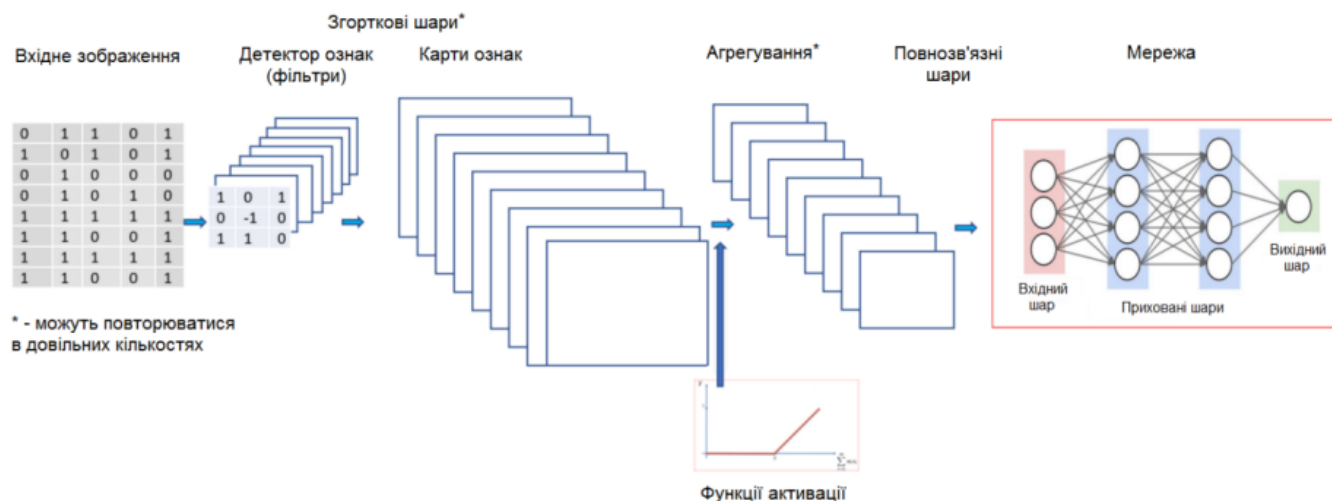


Рисунок 2.6 – Структура ЗНМ

Архітектура ЗНМ містить три основні типи шарів, кожен з яких відіграє певну роль:

– **згортковий шар (Convolution layer);**

Відповідає за знаходження певних рис зображення за допомогою фільтрів, котрі виявляють певні характеристики в картинках. Локальна кореляція забезпечує сильний зв'язок пікселів, які знаходяться поруч та саме в цьому шарі виконується операція *згортки* [17].

Згортка – операція, яка здійснюється над парою матриць $I (a \times b)$ та $K (m \times n)$ і є зваженою сумою усіх значень пікселів. Добуток цих матриць кодує ознаку графічно (див. рис. 2.7). Ця операція зменшує кількість інформації, яка зберігається в пам'яті, та, як наслідок, краще та швидше розпізнає зображення.

Формула для визначення згортки:

$$(I * K)[a, b] = \sum_{m,n} I[a - m, b - n] * K[m, n], \quad (2.3)$$

де I – зображення;

K – фільтр;

m, n – розмірності фільтра.

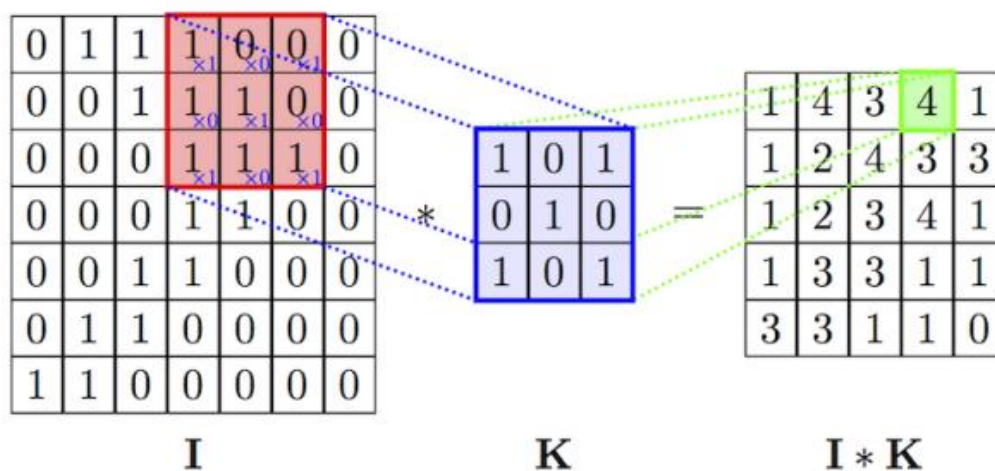


Рисунок 2.7 – Розрахунок згортки

Фільтр визначає присутність потрібної характеристики в певній частині зображення. Фільтри розміщуються паралельно один одному. Чисельність фільтрів призводить до збільшення чисельності виявлених характеристик [18] та їх надмірна кількість може призвести до перенавчання моделі. Кількість фільтрів дорівнює чисельності карт ознак, котрі є сукупністю нейронів, які обчислюють свою функцію. Невелика кількість параметрів при навчанні для цього шару являється основною рисою.

– **субкредитуєчий шар чи шар пулінгу (Pooling layer);**

Виконують функцію зменшення вагів та відповідно зменшують можливість перенавчання НМ і зводять до мінімуму навантаження на обчислювальний пристрій. На вхід цей шар отримує матрицю та зменшує її розмірність за рахунок усереднення значень сусідніх пікселів. ЗНМ утворюються за рахунок чергування шарів згортки і шарів пулінгу.

Субкредитуєчий шар зменшує розмірність картки ознак через те, що виконує усереднення для суміжних пікселів. Обрахунок карти ознак виконується за наступною формулою:

$$y_j^m(x, y) = f_j(w_{ij}^m \sum_{(g_x, g_y) \in G} y_j^{m-1}(sx + g_x, sy + g_y)), \quad (2.4)$$

де y_j^m – карта ознак;

w_{ij}^m – ваги нейронів;

s – коефіцієнт зміни розмірності.

Коефіцієнт деформації, який виконує функцію навчання мережі, може бути типу вибору максимального елемента (max-pooling), тобто визначення максимуму для кожної області (див. рис. 2.8) чи типу обрання середнього значення (average pooling) і т.д. *Max-pooling* є найефективнішим [19]. Формула для цього типу має вигляд:

$$y_j^m(x, y) = \max y_j^{m-1}(sx + g_x, sy + g_y), \quad (2.5)$$

де y_j^m – активаційна карта;

s – коефіцієнт зміни розмірності.

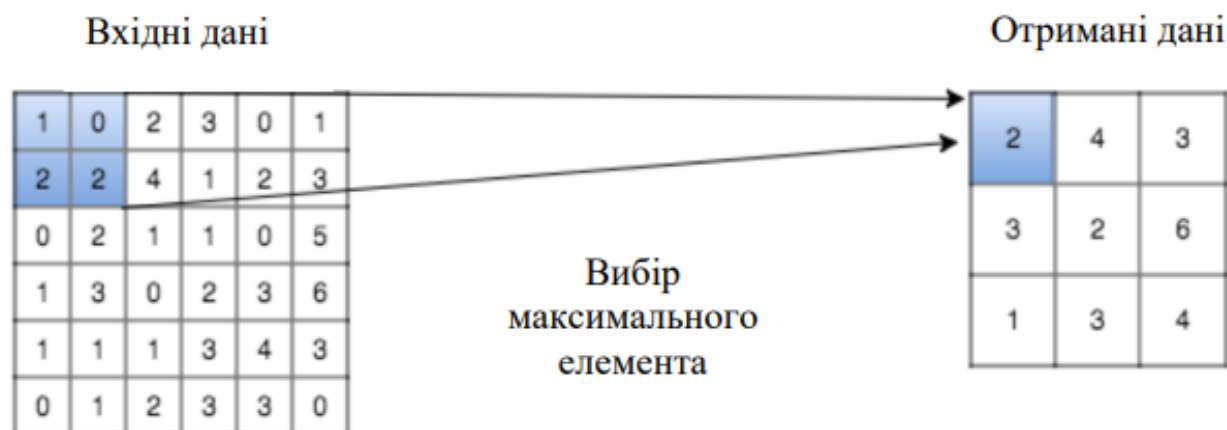


Рисунок 2.8 – Шар пулінгу

– *повнозв'язний шар (Fully connected layer).*

Цей шар відповідає за класифікацію виявлених характеристик в вхідних зображеннях [20]. Кожний нейрон шару зв'язаний з кожним нейроном попереднього і наступного шару.

Містить локальні поля та активації нейрону. Формули для їх обчислення наведені нижче:

$$v_j^m = \sum_i w_{ij}^m y_j^{m-1}, \quad (2.6)$$

$$y_j^m = f_j(v_j^m), \quad (2.7)$$

де v_j^m – локальні поля;

y_j^m – активації локальних полів.

Зазвичай, цей шар закінчується шаром softmax. Він репрезентує виходи ЗНМ по класах розпізнавання. В цьому шарі кількість блоків є рівною кількості класів.

Також існує багато архітектур згорткових нейронних мереж, таких як AlexNet, CaffeNet, VGG та інш. CNN демонструє високу обчислювальну ефективність та точність, найкраще підходить для виявлення зображень в реальному часі та вирішення проблеми розподілу ваг. ЗНМ формують високу здатність до навчання, тому що мають малу кількість зв'язків та параметрів. Чергування шарів пулінгу та згортки зменшує розмірність даних та підвищує чисельність карт ознак.

2.4 Бібліотека Dlib

В попередніх розділах було оглядово розглянуто постановку задачі системи розпізнавання облич. Виконаємо детальний огляд усіх кроків для вирішення цієї задачі та засоби якими буде реалізовано цю задачу.

Отже, система розпізнавання облич потребує виконання наступних етапів:

- 1) розглянути зображення та знайти на ньому контур обличчя;
- 2) виправити позицію обличчя у випадку повороту чи поганої якості освітлення;
- 3) виділити унікальні характерні ознаки обличчя;
- 4) порівняння визначених характеристик з уже існуючими в базі даних.

Для пошуку обличчя був використаний алгоритм гістограми напрямлених градієнтів НОГ. Вчені Навніт Далал та Біл Тріггс в 2005 році описали функціонування алгоритму [21].

Для другого етапу розпізнавання та подальшої роботи з ним використовувалась бібліотека *Dlib* – набір інструментів C ++, має різноманітні методи та алгоритми штучного інтелекту та засоби для зручного користування і створення ПЗ [22]. Сфери використання дуже різноманітні починаючи від різних індустрій до досліджень, які здатні змінити життя людей. Ця бібліотека є опенсорсною та дає можливість застосовувати її в програмах безкоштовно. Кожна існуюча функція та клас описана в документації для коректного користування, велика кількість зразків програм та доступність для різних операційних систем.

Dlib надає ряд математичних функцій, фреймворків, навчених мереж, які широко використовуються. Бібліотека Dlib містить попередньо навчені моделі, які виконують певні алгоритми та завдання. В своїй роботі я використовувала дві, які рекомендовані Dlib – перша відповідає за визначення обличчя за допомогою характерних точок, а друга – глибинна згорткова нейронна мережа ResNet, яка знаходить 128 індивідуальних ознак обличчя.

ResNet належить до залишкових мереж [23]. Таку назву вона отримала через те, що утворена зі стека залишкових блоків. Шари застосовують задля обчислення залишкової функції (див. рис. 2.9). Глибокі нейронні мережі досягли вражаючих результатів у сфері розпізнавання та навіть виявились кращими для задачі класифікації, ніж людський рівень. Залишкове навчання розроблено з'єднаннями швидкого доступу, які пропускають певну кількість шарів. Ця ЗНМ має меншу кількість фільтрів, ніж інші мережі. Існують різні види ResNet –

ResNet-34, ResNet-50, ResNet-101, ResNet-152 і т.д. Це залежить від кількості прихованих шарів в цій мережі.

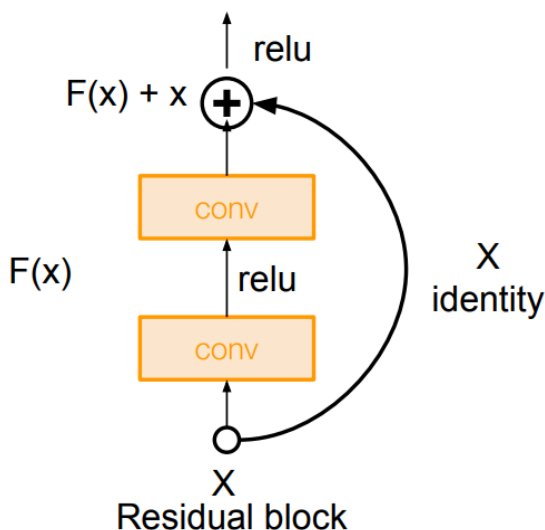


Рисунок 2.9 – Архітектура глибокої нейронної мережі ResNet

Коефіцієнт помилок в цій згортковій нейронній мережі досягає значення 3.6%. Розробка цієї архітектури лежала на основі VGG-19 та значно перевищила її по усім показникам. Навчається та тестується ця модель зазвичай на наборі ImageNet.

В ході проведення дослідів було виявлено властивість глибоких мереж навчатися без погіршення точності. ЗНМ ResNet навіть називають моделлю кори головного мозку через її якісні результати. Зараз з кожним роком з'являються нові розробки покращення ResNet.

Висновки до другого розділу

Проаналізувавши задачу та обравши найбільш ефективний метод для вирішення моєї задачі, тобто застосування згорткової нейронної мережі, детально розглянуто структуру згорткових нейронних мереж та відзначено всі їх переваги.

Досліджено опис розвитку комп'ютерних технологій у підприємницькій діяльності та останні тенденції в системах розпізнавання. Ця технологія в наш час

дуже стрімко та швидко розвивається і застосовується у багатьох областях. Проведено порівняння штучних нейронних мереж з біологічними, розглянуто архітектуру згорткових нейронних мереж, їх переваги та можливості застосування.

Для подальшої роботи буде використовувана бібліотека Dlib та згорткова нейронна мережа ResNet, яка є лідером у сфері розпізнавання та досягає точності на рівні з людським оком.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ОБРАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДИК ДЛЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

3.1 Backend-розробка системи розпізнавання облич

Серверна частина застосунку складається з трьох основних файлів: `main.py`, `db.py` та `bl.py`.

- ***main.py***: в цьому файлі виконується підключення до фреймворку Flask та реалізовано надсилання запитів за необхідною адресою та відповідне виконання функцій;
- ***db.py***: в цьому файлі виконується підключення до бази даних PostgreSQL та реалізація функцій с запитами до бд;
- ***bl.py***: реалізовано безпосередній процес розпізнавання обличчя за допомогою засобів бібліотеки Dlib, розроблено функцію порівняння облич на виявлення схожості.

3.1.1 Середовище розробки PyCharm

Для програмування серверної частини була обрана IDE PyCharm – середовище розробки на мові програмування Python [24]. Компанія JetBrains розробила це середовище в якості складу IntelliJ IDEA в 2010 році.

PyCharm має ряд переваг над іншими аналогами:

- можливість аналізу коду існуючими механізмами;
- кросплатформена IDE;
- навігація по проекту;
- швидкий рефакторинг коду;
- існує безкоштовна та професійна версія;
- постійне оновлення версій;
- підтримка БД та різних фреймворків;
- автодоповнення;
- підтримування великої кількості мов програмування;

- графічний відладчик;
- можливість виконання наукових обрахунків.

3.1.2 Мова програмування Python

Python належить до високорівневих мов програмування. Python має на меті збільшення результативності програміста та зрозумілості коду. До плюсів, які покращують розробку на цій мові програмування можна віднести:

- зрозумілий і простий синтаксис;
- велика кількість корисних функцій;
- використовує прийом динамічної типізації;
- мова є об'єктно-орієнтованою;
- управління пам'яттю відбувається автоматично;
- існування механізму обробки помилок;
- виконання багатопоточних обчислень;
- мова постійно розвивається та виходять нові версії;
- активно використовується для веб-розробки серверної частини;
- має велику кількість бібліотек та фреймворків.

3.1.3 Фреймворк Flask

Фреймворк використовується для створення веб-застосунків та не вимагає спеціальних бібліотек. Розробив та створив Flask австрійський розробник ПЗ Армін Ронахер [25].

Flask є мікрофреймворком, який складається з мінімалістичних каркасів та надає основні необхідні можливості для реалізації веб-застосунків. Однією з головних переваг цього фреймворку є швидке навчання через його простоту – дозволяє швидко розібратися в цьому пакеті та почати його використовувати.

Flask має залежність від бібліотек Werkzeug (набір інструментів для роботи з WSGI) та Jinja2 (шаблонізатор). Цей фреймворк є дуже простим,

мінімалістичним та зручним для використання. Він забезпечує необхідний функціонал та надає високий рівень безпеки веб-застосунку. Це фреймворк, який дозволяє створювати веб-сайти різноманітних жанрів, використовуючи мову Python.

Встановлення цього фреймворку здійснювалось через термінал, вводом команди `pip install Flask`. При роботі з цим фреймворком програміст сам приймає рішення яку базу даних підключати чи які паттерни застосовувати і т.д.

Для початку роботи з фреймворком було імпортовано клас `Flask`, який відповідає за створюваний застосунок та створено екземпляр веб-застосунку `app = Flask(__name__)` (див. рис. 3.1).

Далі виконано реєстрування адрес за допомогою декоратору `@app.route()`, згідно з якими буде виконуватися певна дія. В декораторі вказується URL-адреса та функція `def`, яка в залежності від адреси, буде показувати необхідну інформацію користувачу. Аргумент `methods` відзначає HTTP-метод обробки поточної адреси.

При виконанні програми в консолі можна натиснути на адресу, щоб переглянути веб-сайт на локальному сервері.

```
from flask import Flask
from flask import request

app = Flask(__name__
            , instance_relative_config=True
            , static_folder='../web/static/js'
            , template_folder='../web'
            , static_url_path='')
CORS(app)
```

Рисунок 3.1 – Код для роботи з фреймворком

Аналогічним чином створюються інші адреси на отримання поточних працівників, їх перевірку, видалення, оновлення і т.д.(див. рис. 3.2).

```
@app.route('/employees', methods=['GET', 'POST'])
def employees():
    if request.method == 'GET':
        return db.get_employees()
    if request.method == 'POST':
        return db.post_employee(request.json)

@app.route('/employees/<employee_id>', methods=['GET', 'PUT', 'DELETE'])
def employee(employee_id):
    if request.method == 'GET':
        return db.get_employee(employee_id)
    if request.method == 'DELETE':
        return db.delete_employee(employee_id)
    if request.method == 'PUT':
        return db.put_employee(employee_id, request.json)

@app.route('/employees/check', methods=['POST'])
def check():
    if request.method == 'POST':
        return bl.check(request.json)
```

Рисунок 3.2 – Реалізація адрес та функцій для отримання даних

3.1.4 База даних PostgreSQL

Основною частиною будь-якого застосунку є база даних. В ході розробки була обрана база даних PostgreSQL. PostgreSQL є популярною об'єктно-реляційною опенсорсною системою управління базами даних. Підтримується для основних операційних систем, таких як Windows, Linux, MacOS. PostgreSQL реалізовано на мові програмування С, автором якої вважають Майкла Стоунбрейкера. Також в цій СКБД реалізована підтримка індексів та складних

запитів, існує велика кількість вбудованих типів даних та здійснена можливість створення нових. PostgreSQL має в основі мову SQL та реалізує велику кількість модернізованих функцій таких як тригери, багатоверсійність, зовнішні ключі, за рахунок яких підтримується цілісність даних, підтримка для низки мов програмувань та інш.

Безпека даних в PostgreSQL виконується 4 рівнями безпеки та надійність підтверджується відповідністю принципам ACID: атомарність, ізолюваність, узгодженість та довговічність.

Для роботи з PostgreSQL на мові програмування Python була використана бібліотека `psycopg2`. Вона реалізована на мові програмування C та інсталується через термінал командою `pip install psycopg2`.

Для початку роботи з базою даних PostgreSQL за допомогою модуля `psycopg2` спочатку було встановлено з'єднання за допомогою методу `connect()` та отримано керування курсором (див. рис. 3.3) для управління бд і взаємодії з нею за допомогою класу `cursor`.

```
conn = psycopg2.connect(  
    dbname='d1q47tkodnglqg',  
    user='peqkgwcvqmdgdr',  
    password='b84df18e3fa54a74cd47d72da3366afc73442a25d782da280be9cc051cc8f9b3',  
    host='ec2-54-171-25-232.eu-west-1.compute.amazonaws.com'  
)  
cursor = conn.cursor(cursor_factory=RealDictCursor)
```

Рисунок 3.3 – З'єднання з БД

Усі запити до БД для отримання даних були сформовані динамічно за допомогою методу `execute()` класу `cursor`, який виконує команду SQL (див. рис. 3.4). Відповідно після кожної транзакції в базі даних викликається метод `commit()`, щоб зафіксувати поточну зміну.

```
def delete_employee(_id):
    cursor.execute('DELETE FROM employees WHERE id = {}'.format(_id))
    conn.commit()
    return ''

def post_employee(_json):
    cursor.execute(
        'INSERT INTO employees(name, photo) VALUES(\'{}\','.format(
            _json['name'], _json['photo']
        )
    )
    conn.commit()
    return ''

def put_employee(_id, _json):
    cursor.execute(
        'UPDATE employees SET name = \','.format(
            _json['name'], _json['photo'], _id
        )
    )
    conn.commit()
    return ''
```

Рисунок 3.4 – Функції запитів до БД

Для створення та роботи з базою даних обрано pgAdmin 4, за допомогою якого можна керувати базою в візуальному режимі.

Базу даних співробітників підприємства складають 15 працівників.

Було створено дві таблиці: employees (див. рис. 3.5), яка містить поля id, name, photo, position, date_of_birth та таблицю report (див. рис. 3.6) з полями id, employee_id, time. Ці таблиці відповідають даним, які розміщуються на сторінках web-застосунку. Таблиця employees надає відомості про профілі працівників, а таблиця report допомагає реалізовувати моніторинг співробітників.

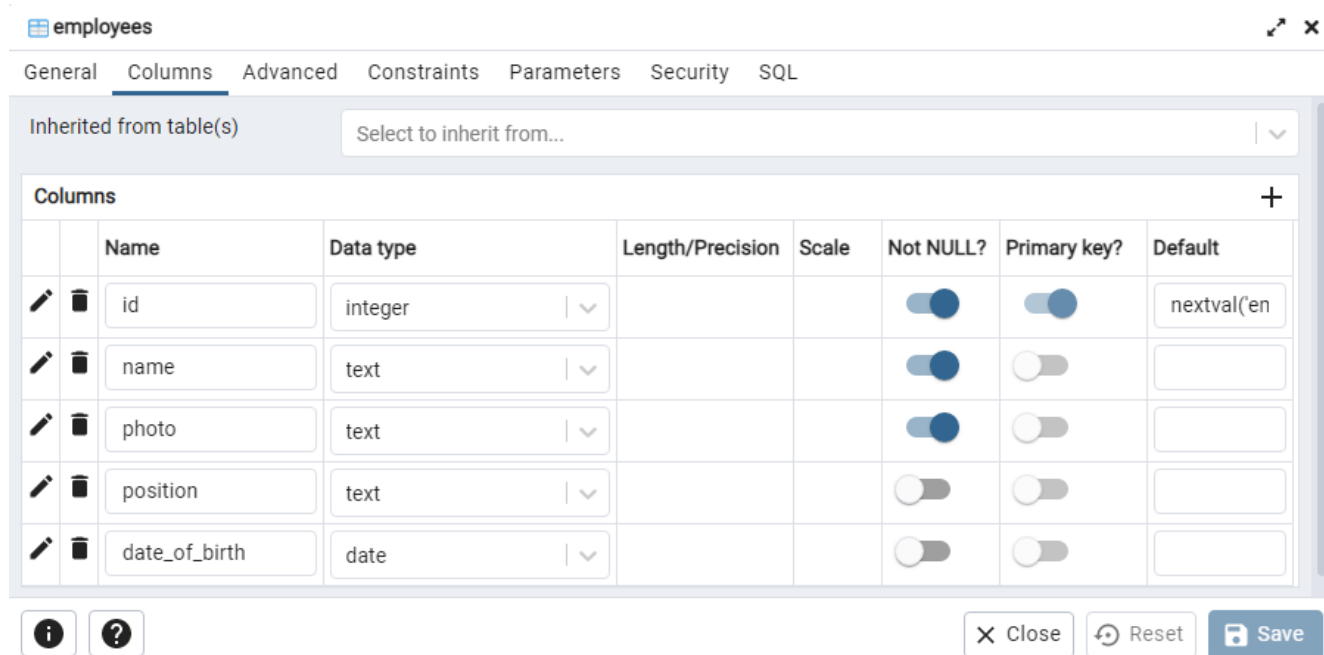


Рисунок 3.5 – Таблиця employees в БД

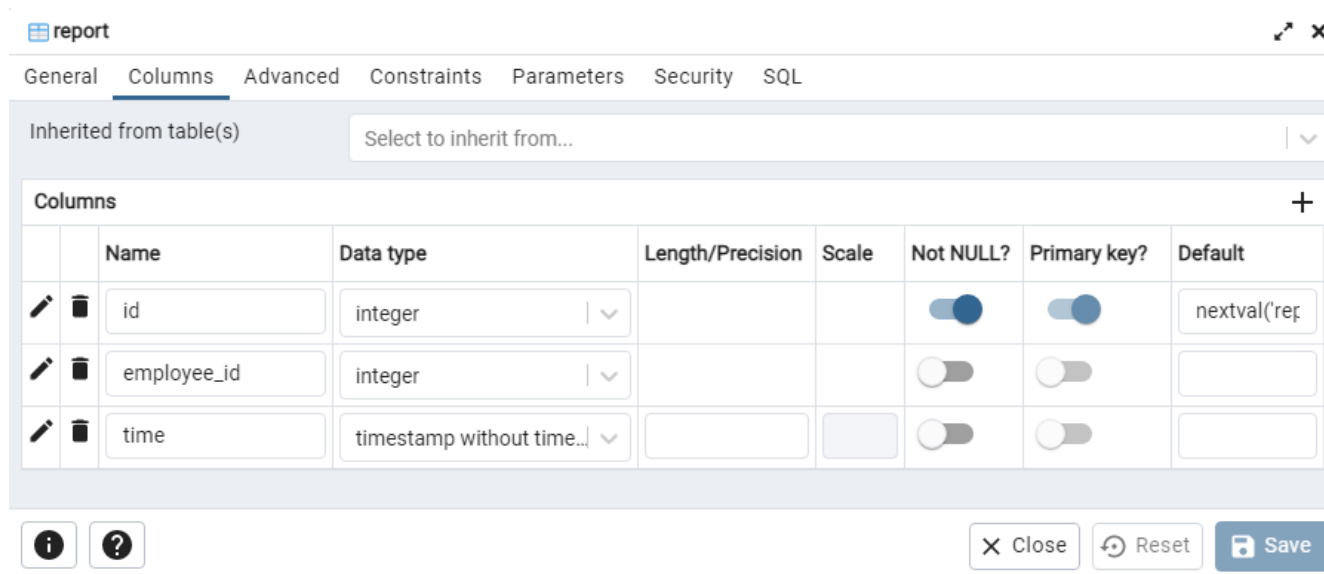


Рисунок 3.6 – Таблиця report в БД

Усі фото співробітників конвертуються у формат base64. Цей спосіб кодування обрано для того, щоб зберігати зображення в базі даних та задля їх захисту від пошкоджень. Кодування двійкових даних також впливає на швидкість виконання програми в кращу сторону.

3.1.5 Реалізація розпізнавання обличчя засобами бібліотеки Dlib

Бібліотека dlib написана мовою C++. Для даної задачі використовувався API для Python. Встановлення бібліотеки відбувалось шляхом введення команди *pip install dlib* в вікно терміналу.

Розглянемо реалізований процес розпізнавання обличчя. Для початку роботи виконано імпортування усіх необхідних бібліотек: dlib, io, base64. Також встановлено модуль distance бібліотеки scipy для обчислення евклідової відстані між наборами характеристик.

Перший етап розпізнавання – знаходження обличчя на фотографії. Реалізація цієї задачі можлива за рахунок використання алгоритму HOG – гістограма напрямлених градієнтів. Алгоритм був описаний двома дослідниками в 2005 році Навнітом Далалом та Білом Тріггсом [21].

Цей метод має на меті аналіз кожного пікселя картинки крок за кроком та є стійким до змін освітлення. В чорно-білому зображенні розглядаються пікселі та прилеглі до нього пікселі, щоб визначити спрямування затемнення зображення та виділити напрямком стрілкою. Саме її іменують градієнтом.

Визначення загального напрямку освітленості стає можливим через об'єднання пікселів в певні блоки. В кожному з них визначається кількість градієнтів в різних напрямках та переважаючий напрям обирається за основний. Згрупування цих блоків утворює базові характеристики в вигляді HOG-зображення. Визначення напрямку затемнення кожного пікселю є основною задачею цього методу. Потім навчена на великій кількості обличч структура порівнюється з поточним HOG-зображенням, яке представлено загальною структурою обличчя.

HOG-структура обличчя, котра створена з купи зображень лиць представлена на рис. 3.7:



Рисунок 3.7 – навчена HOG-структура обличчя

Тож першим кроком є аналіз фотографії працівника, яке знаходиться в базі даних, та пошук обличчя на ньому HOG-алгоритмом (див. рис. 3.8), який реалізований вбудованим класом Dlib. Функція `get_frontal_face_detector()` виконує пошук контуру лиця.

```
detector = dlib.get_frontal_face_detector()

img = convert(json_from_db['photo'])

det = detector(img, 1)
```

Рисунок 3.8 – Код пошуку обличчя

Створений детектор обличчя виконується для зображення і знайдене в результаті обличчя виділяється червоним прямокутником (див. рис. 3.9).

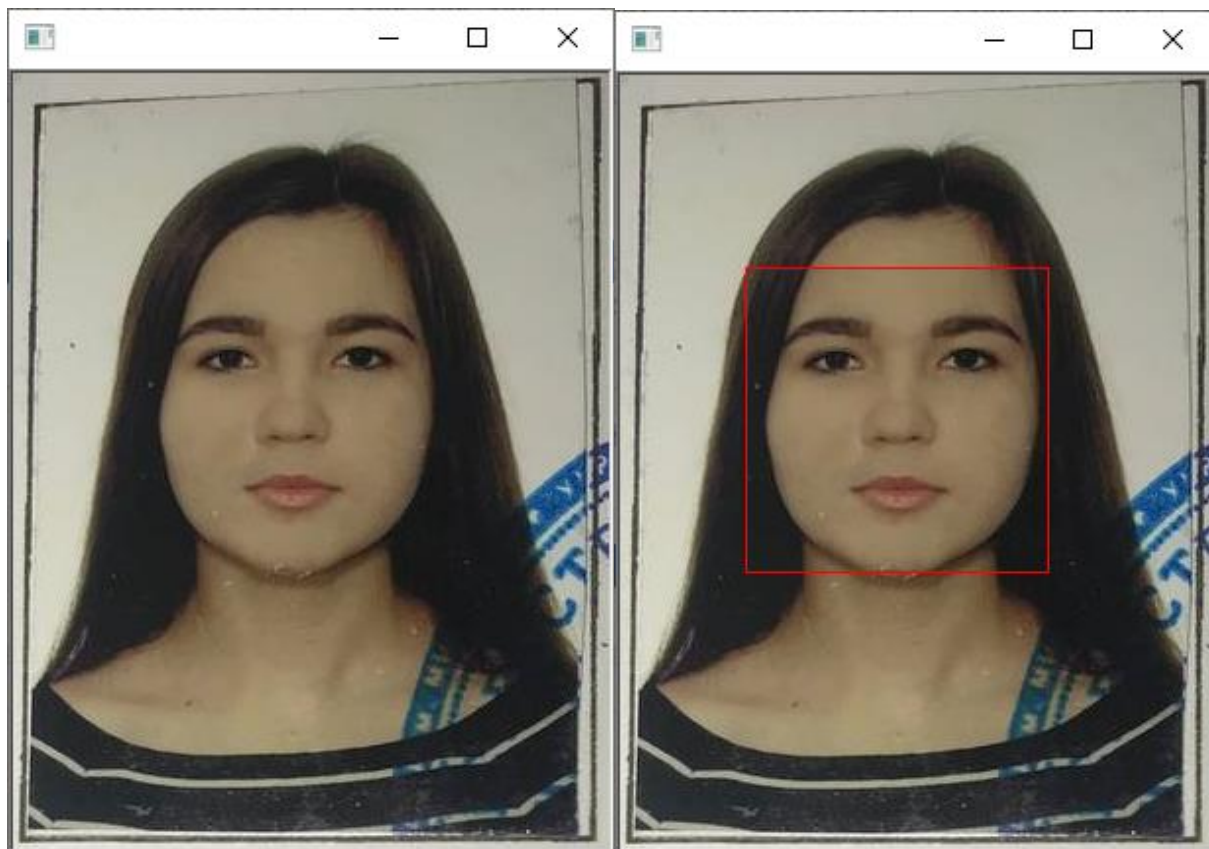


Рисунок 3.9 – результат пошуку обличчя для фотографії з БД

Ключовою проблемою в розпізнаванні є поворот обличчя. Наступним етапом після пошуку лица є виправлення позиції обличчя. В цьому випадку необхідно вирівняти зображення таким чином, ніби людина розміщена прямо до об'єктиву.

В своєму проєкті я використовувала вже навчену модель *Dlib – shape_predictor_68_face_landmarks.dat*, яка реалізує алгоритм навчання на пошук антропометричних точок. Вона виокремлює обличчя на фото за допомогою 68 спеціальних точок по типу форми підборіддя, очей, рота і т.д. Ця модель навчалася на наборі даних *ibug 300-W dataset*.

Ключові точки обличчя людини відображені на рис. 3.10:

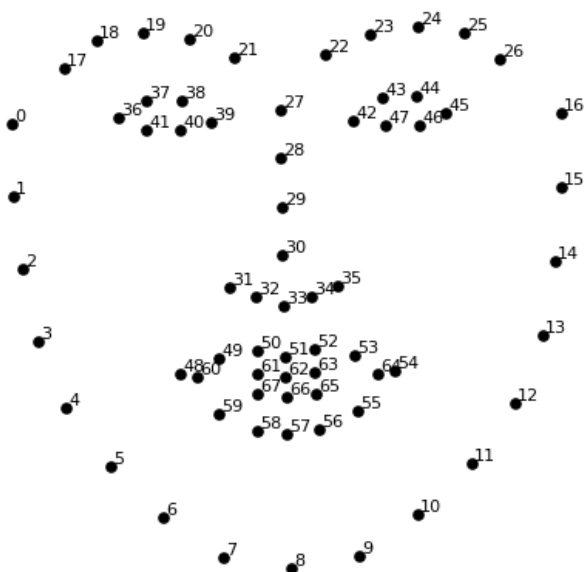


Рисунок 3.10 – 68 ключових точок обличчя людини

На рис. 3.11 представлено результат роботи цієї моделі для фотографії, яка зберігається в базі даних. Ключові точки обличчя виділено синім кольором:

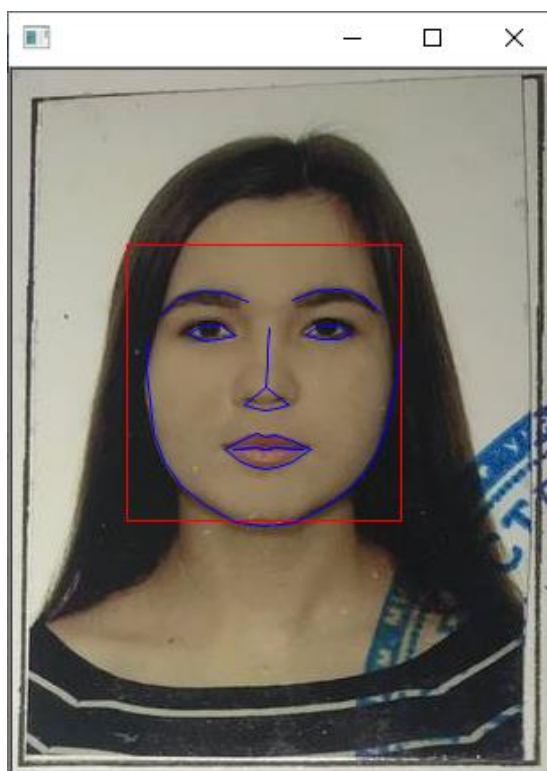


Рисунок 3.11 – Виділення 68 ключових точок

Якщо обличчя повернуте під певним кутом, на зображенні будуть виконуватися афінні перетворення (максимально можливе відцентрування обличчя) – проводиться перенесення ключових точок так, ніби людина дивиться прямо в камеру.

Третім етапом розпізнавання є виділення унікальних характерних ознак обличчя. Ця стає можливим через навчання згорткової нейронної мережі на створення 128 ознак обличчя. Алгоритм навчання розглядає три зображення: два різних зображення обличчя однієї людини та одне зображення людини, яка не схожа на неї (див. рис. 3.12). Потім він складає створенні для цих фото вектори ознак.

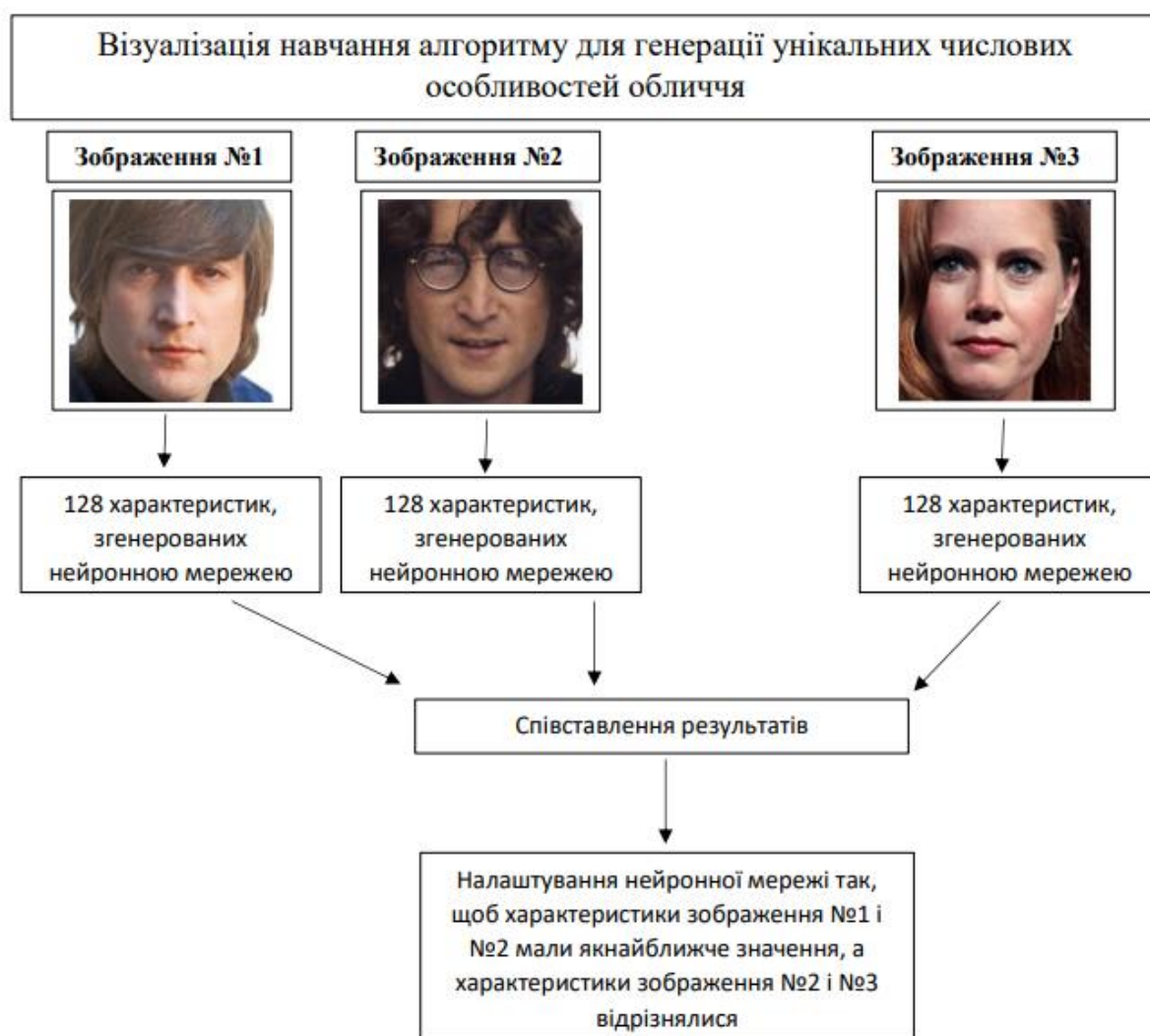


Рисунок 3.12 – Приклад роботи алгоритму навчання ЗНМ

Вектори ознак у зображень, на яких знаходиться одна людина, – розміщуються поруч, а у випадку різних людей – трохи далі. За таким принципом НМ корегується та навчається на великій кількості зображень різних людей для того, щоб досягти великої точності генерування ознак. Цей набір 128 ознак має назву дескриптора. Ці ознаки є числами.

Навчання ЗНМ вимагає великої кількості даних та певних характеристик комп'ютера. Усі ці вимоги дотримані в моделі згорткової нейронної мережі ResNet бібліотеки dlib – *dlib_face_recognition_resnet_model_v1.dat*.

Глибинна згорткова нейронна мережа ResNet виконує знаходження набору 128 ознак обличчя людини, які витягуються з ключових точок. Приклад визначення цих характеристик для фото з бази даних функцією *compute_face_descriptor()*, наведено на рис. 3.13:

Face descriptor:

-0.0931528	-0.120794	-0.197542	0.122931	0.199846	-0.0619221	-0.103509	0.0953133
0.0797266	-0.135562	-0.0247892	-0.271462	0.0473641	-0.0194103	-0.0516824	-0.227475
0.0848643	-0.111959	0.0736636	0.00365794	-0.120356	0.0430297	-0.195004	0.0765091
-0.0981151	0.0122593	0.0823217	0.179115	-0.139628	0.0918125	0.0196924	0.140234
-0.123686	0.0312059	-0.0365896	0.0600959	0.198453	-0.0378357	-0.0372251	0.0598276
-0.00025551	0.0720757	-0.0139567	0.0102437	-0.134459	0.0531769	-0.0748969	0.130087
-0.0324275	-0.00511834	0.190228	0.0472957	-0.00996483	-0.09314	-0.017059	0.0853685
0.0157175	0.0564803	0.106119	-0.0286232	0.0598682	0.0881312	0.0470555	0.0212743
0.0955536	-0.0978671	-0.209198	0.0762689	-0.12154	0.190908	-0.17494	-0.0549963
-0.104365	-0.455081	0.0269044	0.146968	-0.173881	-0.00374479	0.126746	-0.0910042
0.228791	-0.057424	0.0611522	-0.243736	-0.259014	0.0209028	-0.0618075	-0.203841
-0.022771	-0.0218647	0.347408	-0.013703	0.0454492	0.249082	-0.0540428	-0.105175
-0.271667	-0.115979	0.144139	0.0455647	0.388099	0.0543624	-0.0190742	0.122266
-0.036999	-0.0253506	0.0357188	-0.168056	0.18167	-0.0062658	-0.0456817	-0.032771
-0.0892772	-0.00615117	0.0499206	-0.103187	-0.147479	0.0798326	-0.079778	0.0966104
0.186765	0.120083	-0.0572495	-0.137449	0.0697982	-0.0123853	-0.0866247	-0.0463119

Рисунок 3.13 – Дескриптор для фотографії з бази даних

ЗНМ навчена на наборі даних з приблизно 3 мільйонів людей, який комбінований з вже існуючими наборами даних та з зображеннями з Інтернету. Мережа складається з 29 згорткових шарів та є модифікацією ResNet-34. Кількість фільтрів була зменшена вдвічі для кожного шару. Ваги в процесі старту навчання ініціалізувалися рандомно. Модель проходила тест LFW та отримала похибку 0,993833.

Останнім етапом є ідентифікація людини. Для цього виконуються аналогічні дії з фото, яке ми отримали в запиті (див. рис. 3.14):

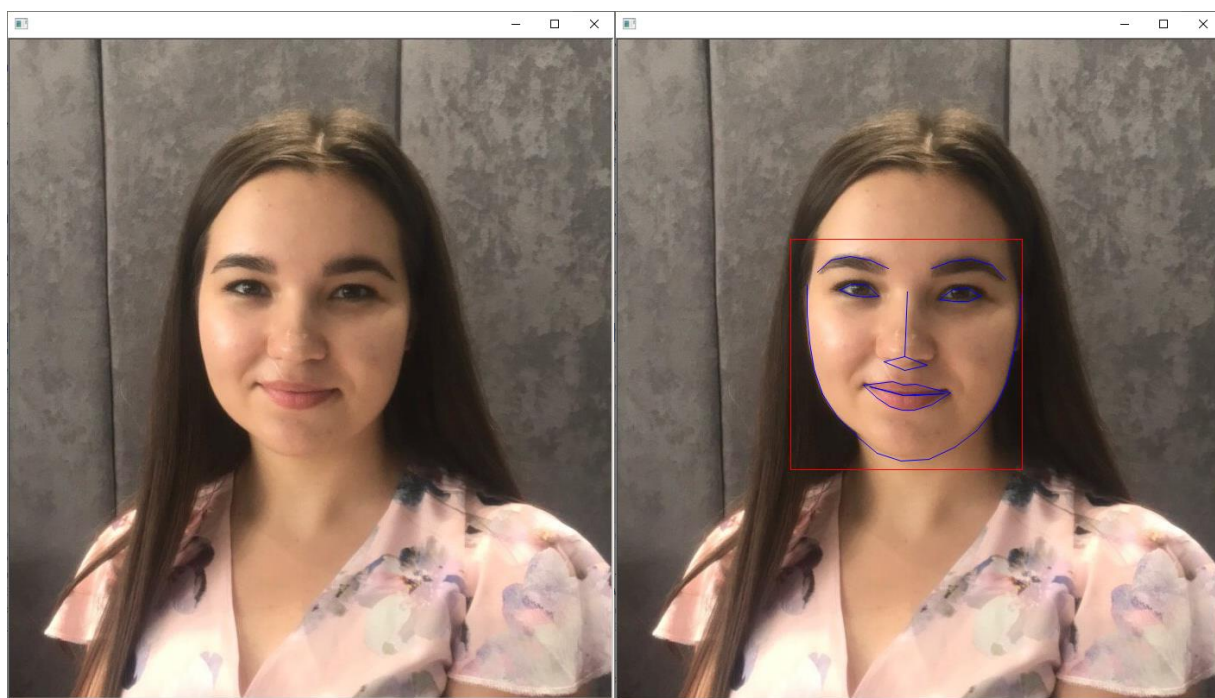


Рисунок 3.14 – Результат пошуку характерних ознак обличчя

Отримавши дескриптори для двох зображень, визначаємо евклідову відстань [26] для них та на основі отриманого числа робимо висновок: чи це одна й та ж людина – чи ні.

Формула для знаходження евклідової відстані між двома точками приведена нижче:

$$d = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2}, \quad (3.1)$$

де (p_1, p_2) – координати точки p ;

(q_1, q_2) – координати точки q .

Загальна формула обрахунку:

$$d(q, p) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2} \quad (3.2)$$

Бібліотека Dlib зазначає, що евклідова відстань мусить бути менше ніж 0.6, тоді можемо зробити висновок, що це одна людина.

Евклідова відстань двох розглянутих вище фотографій складає: 0.4095752125909095. Отже, можемо стверджувати, що на фотографії в базі даних та фото з реального часу зображена одна і та ж людина. Слід додати, що у разі повороту обличчя, значення відстані між дескрипторами безумовно збільшиться, але все ж таки не має перевищувати граничне значення 0,6.

3.2 Розробка Frontend-частини застосунку розпізнавання облич співробітників

Frontend частина цієї системи складається з мобільного застосунку під ОС Android та сайту, розробленому на бібліотеці React. Розглянемо детальніше усі методології та процес реалізації.

3.2.1 Середовище розробки Android Studio

Для програмування мобільного застосунку було обрано найпопулярніше та найвідоміше середовище розробки Android Studio. Ця IDE була розроблена компанією JetBrains на базі IntelliJ IDEA в 2014 році, та є офіційною для розробки додатків під операційну систему Android.

Переваги над іншими середовищами розробки:

- редагування коду;
- зручна компіляція;
- існування різноманітних шаблонів проектів;
- візуалізація смартфона та роботи застосунку в реальному часі;
- збірка на основі Gradle;
- рефакторинг коду;
- кросплатформена: Windows, Linux, macOS і т.д.;
- регулярне оновлення версій;
- постійна перевірка коду;
- сумісність версій;
- безкоштовна.

3.2.2 Мобільний застосунок під ОС Android

Мовою програмування Java виконано реалізацію мобільного застосунку під операційну систему Android.

Застосунок складається з 5 основних активностей та відповідних макетів:

- *MainActivity.java*;

Ця активність завантажується найпершою, має найбільший функціонал та описує логіку застосунку. Тут реалізовані такі базові функції як `onCreate()`, `onClick()`, в якому виконано сканування QR-коду і т.д.

Макет `activity_main.xml` відображає стартовий екран, який пропонує перейти до операції сканування QR-коду працівника. В цій активності написані різні функції. Процедура фотографування людини реалізована в функції `dispatchTakePictureIntent()` та налаштована на автоматичне відкриття фронтальної камери (див. рис. 3.15):

```
private void dispatchTakePictureIntent() {
    Intent takePictureIntent = new Intent(MediaStore.ACTION_IMAGE_CAPTURE);
    takePictureIntent.putExtra("name: android.intent.extras.CAMERA_FACING", REQUEST_IMAGE_CAPTURE);
    try {
        startActivityForResult(takePictureIntent, REQUEST_IMAGE_CAPTURE);
    } catch (ActivityNotFoundException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
```

Рисунок 3.15 – Код функції dispatchTakePictureIntent()

Функція *handleResponse()* реалізує три варіанти відображення активності після надсилання даних на сервер: успішне виконання, невдале виконання та апаратна помилка (див. рис. 3.16):

```
private void handleResponse(JSONObject response) {
    Log.i("tag: Check", response.toString());
    try {
        MainActivity.employee_name = response.getString("name");
        if (response.getBoolean("result")) {
            showFragment(new SuccessFragment());
        } else {
            showFragment(new FailedFragment());
        }
    } catch (JSONException e) {
        e.printStackTrace();
        showFragment(new ErrorFragment());
    }
    removeAllFragmentsDelay("time: 5000");
}
```

Рисунок 3.16 – Метод handleResponse()

– *LoaderFragment.java*;

Викликається метод *onCreateView()* та виконує команду про вивід макету на екран. Макет зображує інтерфейс вікна при завантаженні даних на сервер.

– *SuccessFragment.java*;

Ця активність викликає відповідний макет `fragment_success.xml`, що описує інтерфейс екрану та розташування його елементів, коли розпізнавання людини виконано успішно.

– *FailedFragment.java*;

Активність відповідає за відображення макету `fragment_failed.xml`, коли людина не пройшла розпізнавання.

– *ErrorFragment.java*.

Метод `onCreateView()` викликає відповідний для цієї активності макет, який містить інтерфейс екрану, коли виникли певні системні помилки в ході розпізнавання обличчя чи скануванні незареєстрованого QR-коду.

Відображення усіх макетів представлено в 4 розділі. Реалізований android-застосунок збирається у вигляді арк-файлу, в якому містяться необхідні бібліотеки та ресурси. На смартфоні запускається емулятор та відповідні активності.

3.2.3 Web-застосунок на React

React є опенсорсною бібліотекою JavaScript, яка застосовується для програмування користувацького інтерфейсу. Її автором є програміст Джордан Валке та вона написана мовою програмування JavaScript в 2015 році. Зазвичай за допомогою цього фреймворку реалізують односторінкові застосунки під різні операційні системи [27]. До однозначних переваг використання саме цього фреймворку належить простота використання та висока швидкість роботи.

Фреймворк React активно використовується відомими корпораціями (Airbnb, Facebook, Netflix, PayPal і т.д.), він виконує оновлення даних та створює необхідні компоненти. Функції і мова шаблонів використовуються для відтворення HTML. Цей фреймворк дає розуміння як відображається компонент на сторінці через зрозумілий код та увесь застосунок формується з компонентів. Розмітка та логіка застосунку пов'язані.

React дає можливість застосовувати інші фреймворки та бібліотеки. В моєму веб-застосунку я використовувала бібліотеку компонентів Material ui, яка реалізує набір інструментів для користувацького інтерфейсу та пропонує реалізацію функцій. Ця бібліотека від Google та встановлюється як npm пакет.

Веб-застосунок був написаний на мові програмування TypeScript – строго типізованою мовою, яка пов’язана з JavaScript та є її вдосконаленням. Ця мова реалізує основні принципи об’єктно-орієнтованого програмування та є кросплатформеною. В якості IDE була обрана WebStorm для зручності програмування.

Структура web-застосунку складається з трьох основних сторінок:

- *Employee_card*: описує сторінку профілю працівника;
- *Employees*: виводить список працівників підприємства, реалізує кнопки додавання нового працівника, видалення та редагування при подвійному натисканні;
- *Report*: показує сторінку з відображенням таблиці звіту що до фіксації часу прибуття працівників.

Також є два файли компонентів *Header.tsx*, котрий описує логіку сайту та виконує перехід на необхідні сторінки та *Loader.tsx*, який виконує графічне представлення завантаження даних.

Файл *api.ts* виконує звернення до бекенду, щоб отримати необхідні дані.

Вигляд сторінок web-застосунку показано в четвертому розділі. Сайт був розміщений на платформі Heroku, яка робить можливим створення й контроль за додатком цілком в хмарі. Heroku реалізує розміщення застосунку та спрощує користування через відсутність налаштувань роботи з сервером.

Висновки до третього розділу

В ході написання цього розділу, детально описано основні засоби та методи для реалізації системи. Продемонстровано хід розробки системи розпізнавання

облич працівників в реальному часі на мобільному пристрої та перегляд даних через web-застосунок. Окремо розглянуто backend: обране середовище розробки, мову програмування, бібліотеку з потрібними моделями та методами, виконано опис усіх використовуваних алгоритмів: HOG, пошук лиця за 68 точками, визначення 128 особливих ознак обличчя та описана обрана глибинна згорткова нейрона мережа ResNet, яка досягає високої точності.

Такі системи набувають поширення та застосовуються для підприємств різного типу.

Frontend частину також описано, розглянуто основні активності, які утворюють мобільний застосунок та сторінки, які написані на React мовою TypeScript для швидкого та зручного доступу до профілей працівників та контролю часу відвідування.

Отже, розроблено робочу систему розпізнавання облич співробітників підприємства, яка складається з мобільного застосунку під ОС Android та web-застосунку написаному на React.

4 ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ ТА ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

4.1 Керівництво користувача для мобільного застосунку

Використання мобільного застосунку, який виконує розпізнавання обличчя працівника підприємства складається з декількох кроків.

Для початку роботи користувачеві необхідно натиснути на екран, щоб просканувати свій унікальний QR-код (див. рис. 4.1) закріплений за співробітником.

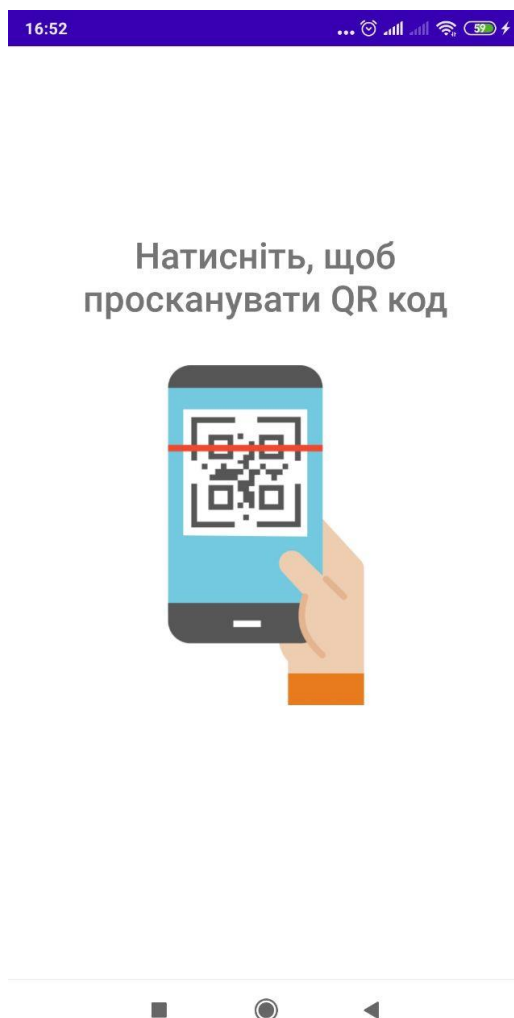


Рисунок 4.1 – Макет зображення стартової сторінки

QR-КОД:



Рисунок 4.2 – Приклад QR-коду працівника

При наведенні на діючий код працівник отримує доступ до камери. Ця операція відбувається наступним чином (див. рис. 4.3):

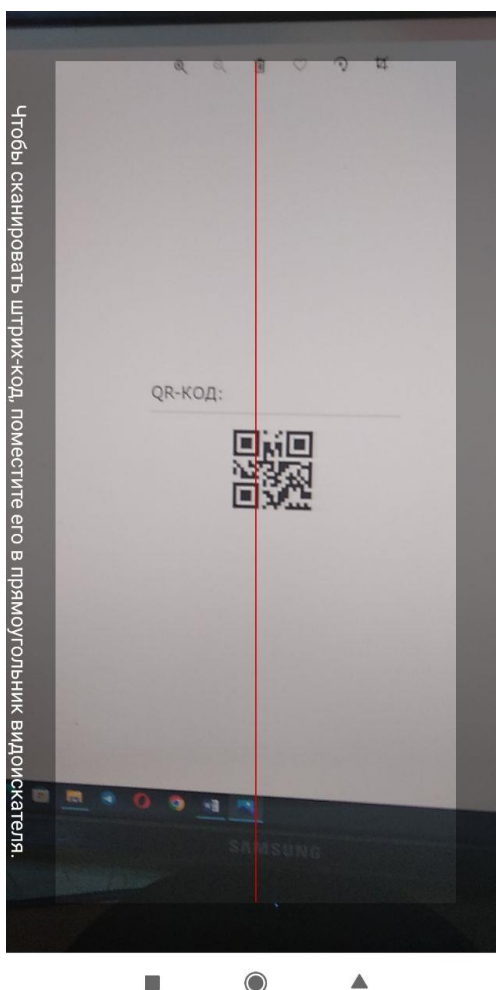


Рисунок 4.3 – Сканування QR-коду

Після отримання доступу до камери, користувач повинен зробити своє фото в режимі реального часу (див. рис. 4.4) та підтвердити його натиснувши галочку на нижній панелі активності. В випадку незадоволення зробленою фотографією можливо натиснути хрестик на нижній панелі та зробити нове фото.

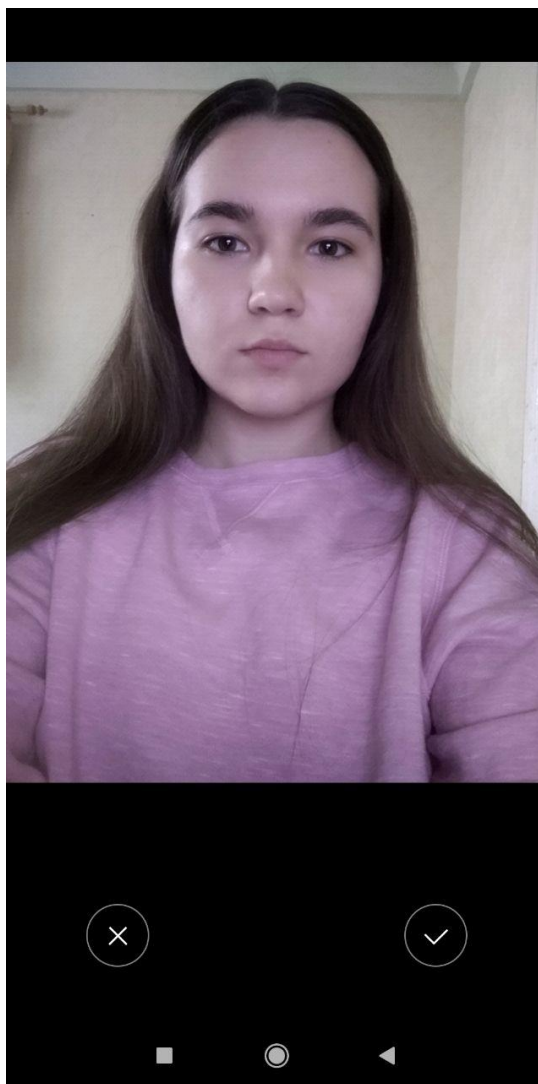


Рисунок 4.4 – Фото працівника в режимі реального часу

Після цього дані про співробітника надсилаються на обробку (див. рис. 4.5) та виконується процес порівняння та встановлення верифікації людини, фото якої розміщено в базі даних підприємства та людини, яка зробила фото в даний момент часу.

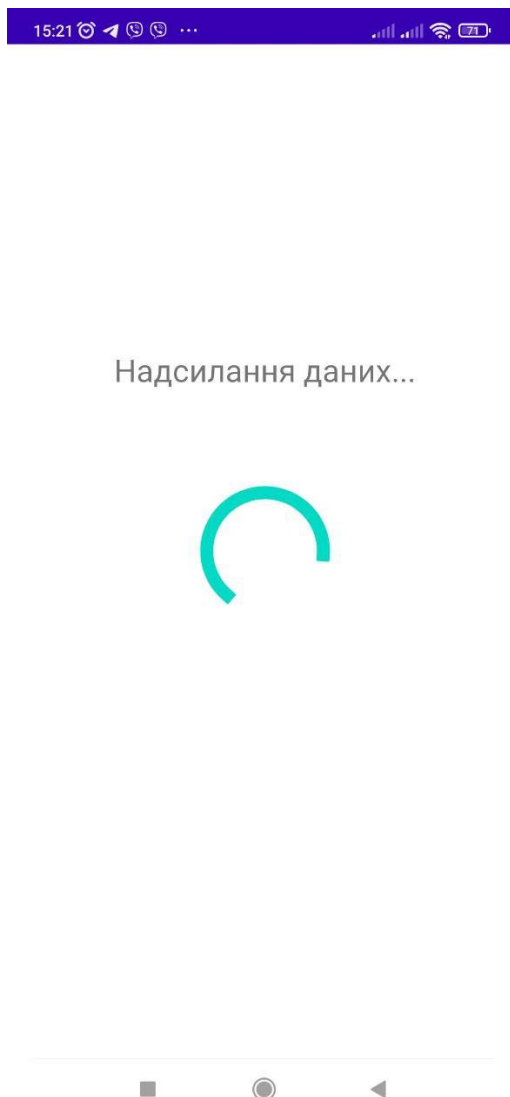


Рисунок 4.5 – Макет обробки надсилання даних

Якщо результат розпізнавання людини є позитивним – на екрані відображається відповідне ім'я працівника та повідомляється про успішне виконання розпізнавання (див. рис. 4.6):



Valentina Donii



Успішно розпізнаний



Рисунок 4.6 – Макет успішного виконання операції

Якщо ж фото людини не збігається з зображенням в базі даних, то застосунок повідомляє про те, що людина не пройшла розпізнавання (див. рис. 4.7):



Не вдалося розпізнати

Valentina Donii



Рисунок 4.7 – Вигляд екрану при неуспішному розпізнаванні

Якщо ж був просканований неіснуючий код чи в ході розпізнавання виникли певні труднощі – система також повідомляє про це відображенням відповідної активності (див. рис. 4.8):



Виникла помилка.
Зверніться до
адміністратора!



Рисунок 4.8 – Макет у разі виникнення апаратної помилки

4.2 Опис функціоналу сайту

Як вже було описано вище, сайт складається з трьох сторінок. Перша сторінка Employees відображає БД існуючих працівників в вигляді таблиці та дані про них (див. рис. 4.9). Також є кнопки додавання нового співробітника, видалення та оновлення даних за рахунок подвійного натискання. Є можливість перейти до вкладки «Звіт», або повернутися до вкладки «Співробітники». Кількість людей ранжується по десять.

Співробітники Звіт

Співробітники

[ДОДАТИ](#) [ВИДАЛИТИ](#)

QR	Співробітник	Посада	День народження
1	Valentina Donii	Software engineer	2000-10-15
2	William Webster	Back-end developer	1992-06-21
3	Sandy Smith	QA	1989-09-11
4	Chris Crocker	Project manager	1991-06-17
5	Colin Campbell	Front-end developer	1996-05-21
6	Barbara Becker	IT coordinator	1979-11-02
7	Scott Weiland	System administrator	1997-07-24
8	Vanessa Williams	Staff	1973-10-27
9	Yu Shyikun	Systems Analyst	1978-02-20
10	Maria Callas	SMM specialist	1994-09-03

1–10 of 15 < >

Рисунок 4.9 – Сторінка *Employees*


На рис. 4.10 зображена форма додавання нового користувача та на рис. 4.11 вже заповнена необхідними даними форма:

Співробітники Звіт

Співробітник

id
0

Ім'я

День народження 

Посада

[ЗАВАНТАЖИТИ ФОТО](#)


Рисунок 4.10 – Сторінка для додавання даних про нового користувача

Співробітники Звіт


Співробітник

id
1

Ім'я
Valentina Donii

День народження
2000-10-16 

Посада
Software engineer



[ЗАВАНТАЖИТИ ФОТО](#)

[ЗБЕРЕГТИ](#)

Рисунок 4.11 – Профіль зареєстрованого користувача

Співробітники Звіт

Співробітник


id
0

Ім'я
Colin Campbell

День народження
1996-05-22

May 1996 < >

S	M	T	W	T	F	S
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	



ЗАВАНТАЖИТИ ФОТО

ЗБЕРЕГТИ

Рисунок 4.12 – Заповнення необхідних полів на сторінці

Фільтри реалізовані для усіх полів таблиці employees (див. рис. 4.13):

← → ↻ 🏠 ⚠ Не захищено | app-time-tracking.herokuapp.com

▶ Фільми на англій... ⚙ Об'єднати mp3... 📖 Мои уроки 🕒 Примеры сайтов н... 🎨 CSS Design Awards... »

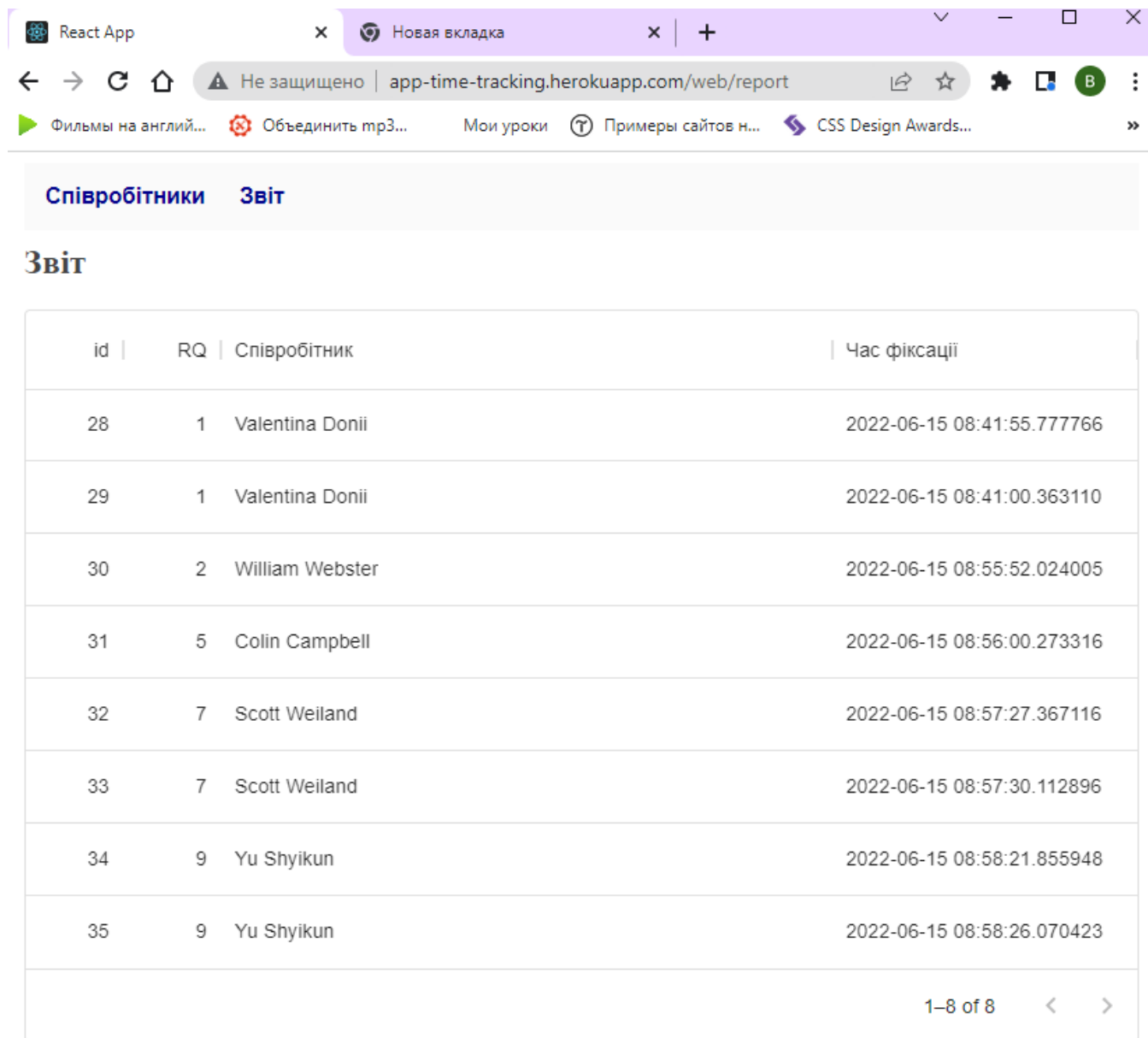
Співробітники Звіт

Співробітники ДОДАТИ ВИДАЛИТИ

QR	Співробітник ↑	Посада	День народження
Unsort	Sort by ASC	Sort by DESC	Filter
		Hide	Show columns
2	William Webster	Back-end developer	1992-06-21
3	Sandy Smith	QA	1989-09-11

Рисунок 4.13 – Приклад застосування фільтрів.

На рис. 4.14 представлено відображення останньої сторінки звіту. В ній фіксується поточний час детектування користувача:



id	RQ	Співробітник	Час фіксації
28	1	Valentina Donii	2022-06-15 08:41:55.777766
29	1	Valentina Donii	2022-06-15 08:41:00.363110
30	2	William Webster	2022-06-15 08:55:52.024005
31	5	Colin Campbell	2022-06-15 08:56:00.273316
32	7	Scott Weiland	2022-06-15 08:57:27.367116
33	7	Scott Weiland	2022-06-15 08:57:30.112896
34	9	Yu Shyikun	2022-06-15 08:58:21.855948
35	9	Yu Shyikun	2022-06-15 08:58:26.070423

Рисунок 4.14 – Приклад сторінки звіту.

Висновки до четвертого розділу

Підсумовуючи заключний розділ, можна дійти до висновку, що потреба в такій системі є виключною. Виконано детальний опис інструкції користувача для роботи з мобільним за стосунком, розглянуто всі його макети та описано в якому разі кожен з них відображається на екрані.

Наступною частиною розділу є огляд основного функціоналу сайту, який складається з трьох сторінок та працює справно. Реалізує усі необхідні функції для роботи з даними працівників, дозволяє додати нових та переглянути інформацію про існуючих. Можлива фільтрація полів та перегляд звіту про час ідентифікації працівника. Правильне використання створеної системи, зручні інструменти керування, доступний зрозумілий інтерфейс лише додають переваг цій системі над іншими.

Спеціальний розділ

ОХОРОНА ПРАЦІ

до кваліфікаційної роботи

на тему:

«СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ОБЛИЧ СПІВРОБІТНИКІВ ПІДПРИЄМСТВА НА БАЗІ ЗГОРТКОВОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ»

Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»

122 – БКР – 401.1810309

Виконала студентка 4-го курсу, групи 401

Доній В.П.

(підпис, ініціали та прізвище)

«13» червня 2022 р.

Консультант ст. викладач каф. екології

(наук. ступінь, вчене звання)

Макарова О.В.

(підпис, ініціали та прізвище)

«13» червня 2022 р.

Миколаїв – 2022

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Умови та безпека праці, їх стан та покращення – самостійна і важлива задача соціальної політики будь-якої сучасної промислово розвинутої держави, яку вирішує така невід’ємна складова БЖД, як охорона праці.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці» [28], який визначає основні положення щодо реалізації права на охорону життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Охорона праці водночас вирішує два основних завдання.

Одне з них – інженерно-технічне – передбачає запобігання небезпечним подіям під час трудового процесу шляхом:

- заміни небезпечних матеріалів менш небезпечними;
- переходу на нові технології, які зменшують ризик травмування і захворювання;
- проектування і конструювання устаткування з урахуванням вимог безпеки праці;
- розробки засобів індивідуального та колективного захисту.

Друге – соціальне – пов’язане з відшкодуванням матеріальної, моральної чи соціальної шкоди, завданої внаслідок нещасного випадку або професійного захворювання, тобто це захист працівника та його прав.

Виходячи з поставлених перед нею завдань, охорона праці, ґрунтуючись на правових та організаційних основах, вирішує питання виробничої санітарії, виробничої та пожежної безпеки [29].

Структурно охорона праці включає у себе:

- правові та організаційні основи охорони праці;
- фізіологію, гігієну праці та виробничу санітарію;
- виробничу безпеку;
- пожежну безпеку та профілактику на виробництві.

Усі оцінки існуючих чинників виробничого середовища і трудового процесу, які впливають на здоров'я і працездатність людини під час виконання нею трудових обов'язків, на робочих місцях регламентується державними нормативними документами [30].

В даному розділі роботи розглянуто питання охорони праці в офісному приміщенні. Була виконана інтегральна оцінка умов праці та запропоновані заходи, спрямовані на їх покращення.

Метою є створення безпечних і здорових умов праці у офісному приміщенні.

Відповідно до мети виділені наступні **завдання**:

- виконати опис приміщення;
- оцінити умови праці у приміщенні;
- сформулювати рекомендації щодо поліпшення умов праці на робочому місці.

5.1 Опис приміщення та обладнання. Складання вихідних даних для кількісної оцінки умов праці

Обране офісне приміщення №77 розташовано на третьому поверсі дев'ятиповерхової будівлі у м. Миколаєві на перетині проспекту Центрального та вулиці Садової. Площа приміщення складає 35 м^2 , розміри приміщення – $a \times b \times H = 7 \times 5 \times 3.5 \text{ м}$. У приміщенні встановлено два металопластикових вікна (з потрійними склопакетами) розмірами $c \times d = 1.8 \times 2.2 \text{ м}$.

Приміщення має сучасний офісний інтер'єр. Стеля виконана у вигляді підвісної конструкції із синтетичного матеріалу бежевого кольору. Стіни мають гладку поверхню кольору білої слонової кістки. Підлога має покриття із лінолеуму.

У приміщенні розташовано шість робочих місць, кожне з них обладнане сучасними персональними комп'ютерами, один лазерний принтер, лазерний ксерокопіювальний пристрій. Також є полиця для зберігання документації та необхідних речей.

Загальний вид обраного виробничого приміщення представлено на рис. 5.1 .



Рисунок 5.1 – Загальний вигляд обраного виробничого приміщення

Напруга джерела живлення електроспоживної техніки – 220В. Електромережа виконана з дотриманням усіх вимог нормативних документів. Вимоги до електробезпеки в приміщенні відповідає вимогам НПАОП 0.00-1.28-10 [31].

Для підтримки температури в діапазоні від 18 до 24 градусів встановлена система кондиціонування, у вигляді одного кондиціонера. Потужність

кондиціонера на даний момент перевищує сумарне тепловиділення всього устаткування і систем, розташованих в приміщенні.

Опалення здійснюється центральною системою. В приміщенні є вогнегасник та окрема система вентиляції. Пожежна безпека в обраному виробничому приміщенні здійснюється дотриманням вимог НПАОП 0.00-1.28-10 [31].

Виконавши необхідні виміри та провівши аналіз була здійснена оцінка умов праці в обраному виробничому приміщенні (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Фактори умов праці в приміщенні

№ з/п	Фактор умов праці на робочому місці	Значення показника	Тривалість дії фактора, хв.
1	Температура повітря на робочому місці (PM) у виробничому приміщенні, °C: - теплий період - холодний період	23 -	350 -
2	Відносна вологість повітря на PM, %	68	480
3	Швидкість руху повітря на PM, м/с	0,25	420
4	Освітленість на PM, лк	200	360
5	Мінімальний розмір об'єкта розпізнавання, мм	0,5	240
6	Виробничий шум, дБА	50	420
7	Інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²	160	420
8	Токсична речовина, озон, кратність перевищення ГДК	1,4	480
9	Виробничий пил (паперовий та ін.), кратність перевищення ГДК	0,5	360
10	Робоче місце (PM), поза та переміщення у просторі	Робоче місце стаціонарне, переміщення вантажу до 5 кг	360
11	Кількість важливих об'єктів	1	420

№ з/п	Фактор умов праці на робочому місці	Значення показника	Тривалість дії фактора, хв.
	спостереження		
12	Тривалість зосередженого спостереження, % часу зміни	25	360
13	Тривалість повторюваних операцій, с	50	360
14	Змінність роботи	Ранкова зміна	480
15	Тривалість безперервної роботи за добу, годин	6	360
16	Режим праці та відпочинку	Присутній обґрунтований режим праці та відпочинку	480
17	Нервово-емоційне навантаження	Складні дії по заданому плану з можливістю корегування	420
18	Кількість рухів пальців на годину	400	360

5.2 Інтегральна оцінка умов праці в обраному приміщенні

Для інтегральної оцінки умов праці [32] в обраному офісному приміщенні слід скористатися даними з табл. 5.1 та здійснити оцінку питомої ваги кожного із представлених там факторів виробничого середовища та трудового процесу [32].

Перелік параметрів, що необхідні для інтегральної оцінки умов праці:

x_{n_i} – нормативне значення i – того фактору умов праці (прийняті значення відповідають оптимальному (допустимому) класу умов праці згідно з Гігієнічною класифікацією [33]);

$x_{a\delta_i}$ – дійсне значення i – того фактору умов праці;

x_{x_i} – оцінка i – того фактору умов праці, балів;

t_i – тривалість дії i – того фактору умов праці, хв.;

t_{num_i} – відносна тривалість дії i – того фактору умов праці (за прийнятої тривалості робочої зміни $t_p = 480$ хв.), хв., тобто:

$$t_{num_i} = \frac{t_i}{t_p} = \frac{t_i}{480};$$

x_{ϕ_i} – фактична оцінка питомої ваги i – того фактору умов праці, балів, а саме:

$$x_{\phi_i} = x_{x_i} t_{num_i} = x_{x_i} \frac{t_i}{480}.$$

За даними у табл. 5.2 визначаємо елемент умов праці, який одержав у балах найбільшу оцінку x_{max} . Відповідних елементів може бути декілька [33].

Таблиця 5.2 – Параметри, що необхідні для розрахунку інтегральної бальної оцінки умов праці на робочому місці

№ з/п	Фактор умов праці на робочому місці	Нормоване значення фактора x_{Hi}	Оцінка фактора		Тривалість дії фактора		Фактична оцінка питомої ваги фактора $x_{\Phi i}$
			Абсолют на x_{abi}	у балах x_{xi}	Хвилини t_i	у долях робочої зміни $t_{пит i}$	
1	Температура повітря на робочому місці (РМ) у виробничому приміщенні, °С - теплий період - холодний період	23...25 21...23	23 -	1 -	350 -	0,729 -	0,729 -
2	Відносна вологість повітря на РМ, %	40..60	68	3	480	1	3
3	Швидкість руху повітря на РМ, м/с	<0,2	0,25	2	420	0,875	1,75
4	Освітленість на РМ, лк	300	200	3	360	0,75	2,25
5	Мінімальний розмір об'єкта розпізнавання, мм	>1	0,5	2	240	0,5	1
6	Виробничий шум, дБА	<1	50	3	420	0,875	2,625
7	Інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²	≤140	160	2	420	0,875	1,75
8	Токсична речовина, озон, кратність перевищення ГДК	≤1	1	2	480	1	2
9	Виробничий пил (паперовий), кратність перевищення ГДК	≤1	0,5	2	360	0,75	1,5
10	Робоче місце (РМ), поза та переміщення у просторі	РМ стаціонарне, маса переміщенн	РМ стаціонар не, маса переміще	1	360	0,75	0,75

		я до 5 кг	ння вантажу до 5 кг				
11	Кількість важливих об'єктів спостереження	<5	1	1	420	0,875	0,875
12	Тривалість зосередженого спостереження, % часу зміни	<25	25	1	420	0,875	0,875
13	Тривалість повторюваних операцій, с	>100	50	2	360	0,75	1,5
14	Змінність роботи	Ранкова	Ранкова	1	480	1	1
15	Тривалість безперервної роботи за добу, годин	<8	6	1	360	0,75	0,75

Найбільшу оцінку у балах отримав елемент x_2 , який пов'язаний з відносною вологістю повітря на РМ, тобто $x_{\max} = x_2 = 3$. Даний елемент вважається визначаючим.

Далі розраховується:

1. Середній бал усіх елементів крім визначаючого \bar{x} , балів:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} x_{\phi_i}}{n-1},$$

де n – фактична кількість врахованих елементів умов праці (у даному випадку $n = 18$).

Тоді:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} x_{\phi_i}}{n-1} = \frac{0,729+1,75+2,25+1+2,625+1,75+2+1,5+0,75+0,875+0,875+1,5+1+0,75+1,75+1,75+1,5}{18-1} = 1,432.$$

2. Інтегральна бальна оцінка умов праці на робочому місці у відділі програмного забезпечення I_n , балів.

$$I_n = 10 \cdot (x_{\max} + \bar{x} \frac{6 - x_{\max}}{6}) = 10 \cdot (3 + 1,432 \frac{6 - 3}{6}) = 37,16.$$

Отримане значення інтегральної оцінки умов праці порівняно зі значеннями, наведеними в додатку А даного розділу дипломної роботи. Значення інтегральної оцінки умов праці відноситься до III категорії.

5.3 Оцінка ефективності заходів щодо покращення умов праці

Пропонується до всіх факторів умов праці, бальна оцінка яких перевищує значення $x_{x_i} = 2$, надати рекомендації з метою досягнення кожним із розглянутих елементів умов праці саме зазначеного вище значення ($x_{x_i} = 2$).

За даними табл. 5.2 визначаємо інтегральний показник важкості праці за формулою, що використовується, коли умови праці оцінюються балами «1» або «2»:

$$I_{n_2} = 19,7 \cdot \bar{x} - 1,6 \cdot \bar{x}^2,$$

де

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}.$$

Тоді для даних умов праці згідно табл. 5.2 маємо:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{0,729 + 1,75 + 2,25 + 1 + 2,625 + 1,75 + 2 + 1,5 + 0,75 + 0,875 + 0,875 + 1,5 + 1 + 0,75 + 1,75 + 1,75 + 1,5}{18 - 1} = 1,432$$

$$I_{n_2} = 19,7 \cdot \bar{x} - 1,432 \cdot \bar{x}^2 = 19,7 \cdot 1,432 - 1,6 \cdot 1,432^2 = 24,9 \text{ балів.}$$

Згідно з додатком Б, отримане значення інтегрального показника $I_{n_2} = 24,9$ балів, відповідає II категорії умов праці, тобто роботам, що виконуються в умовах, які відповідають гранично допустимим концентраціям і рівням санітарно-гігієнічних елементів праці, а також допустимим рівням психофізіологічних факторів [32].

Інтегральний показник важкості праці дозволяє визначити вплив умов праці на працездатність людини у такій послідовності:

1. Ступінь втоми працівника на визначеному робочому місці B , у. о.

$$B = \frac{I_n - 15,6}{0,64} ,$$

де чисельні значення 15,6 і 0,64 – це коефіцієнти регресії. Тоді:

– до впровадження комплексу заходів з охорони праці коефіцієнт втоми складає $B_1 = \frac{I_n - 15,6}{0,64} = \frac{37,16 - 15,6}{0,64} = 33,68$;

– після впровадження комплексу заходів з охорони праці коефіцієнт втоми складає $B_2 = \frac{I_{n_2} - 15,6}{0,64} = \frac{24,93 - 15,6}{0,64} = 14,578$.

2. Рівень працездатності людини Π , у. о.

$$\Pi = 100 - B .$$

Тоді:

– до впровадження комплексу заходів з охорони праці рівень працездатності складає $\Pi_1 = 100 - B_1 = 100 - 33,68 = 66,32$;

– після впровадження комплексу заходів з охорони праці рівень працездатності складає $P_2 = 100 - B_2 = 100 - 14,578 = 85,422$.

3. Зміна продуктивності праці ΔP , %.

$$\Delta P = 0,2 \cdot \left(\frac{P_2}{P_1} - 1 \right) \cdot 100 = 0,2 \cdot \left(\frac{85,422}{66,32} - 1 \right) \cdot 100 = 5,7\%$$

Висновки до розділу охорони праці

Під час виконання спеціальної частини з охорони праці здійснено аналіз умов праці в офісному приміщенні. Перевірено забезпечення вимог охорони праці. Згідно з додатками А та Б умови праці в обраному офісному приміщенні відносяться до III категорії [32]. Такі умови праці відхиляються від гранично допустимих концентрацій і рівнів санітарно-гігієнічних елементів та допустимих рівнів психофізіологічних факторів.

Виконані розрахунки довели, що проведені заходи з охорони праці призвели до зменшення важкості праці з III до II категорії, і відповідно, зниженню втоми, підвищенню працездатності працівників офісного приміщення.

Умови праці, що відносяться до II категорії відповідають ГДК і ГДР та допустимим рівням психофізіологічних факторів.

Вказані заходи можуть призвести до підвищення продуктивності та працездатності співробітників та зниженню втоми на 5,7 %.

ВИСНОВКИ

В ході виконання даної роботи розглянуто дві основні теми: система розпізнавання облич та згорткові нейронні мережі. В розділах проаналізовано сучасний стан проблеми та поширені методи виявлення обличчя, розглянуті їх переваги та недоліки. Досліджено основні фактори, які впливають на якість розпізнавання та технології, які мінімізують помилку та підвищують точність роботи.

Розглянуто останні публікації та наукові матеріали на тему розпізнавання. Описано існуючі аналоги системи та досліджено основні сфери використання.

У другому розділі виконано опис структури нейронних мереж, їх тип – згорткові нейронні мережі, методи навчання та функції активації. Детально розглянуто архітектуру згорткової мережі ResNet та бібліотеку Dlib.

Опис усіх реалізованих функцій та використовуваних технологій для backend та frontend розробки виконано у третьому розділі. Мета даної роботи досягнута, результатами її виконання є розроблена система верифікації облич для підвищення рівня безпеки на підприємстві на базі згорткових нейронних мереж.

Розроблена система відповідає усім поставленим вимогам, функціонал застосунку є простим та зрозумілим. Додані інструкції для користувачів, проведено тестування системи. Даний застосунок, безпосередньо, можна використовувати на підприємствах різних галузей. Також можливе подальше удосконалення системи та додавання нових функцій.

Кожне визначене завдання реалізовано та поставлені цілі досягнуті.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lopatina OL, Komleva YK, Gorina YV, Higashida H and Salmina AB. Neurobiological Aspects of Face Recognition: The Role of Oxytocin. *Front. Behav. Neurosci.* 12:195. 2018 URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbeh.2018.00195/full> (дата звернення: 25.05.2022).
2. What is computer vision? *IBM*: вебсайт. URL: <https://www.ibm.com/topics/computer-vision> (дата звернення: 26.05.2022).
3. Еволюція технології розпізнавання облич: від натільних камер до відеоспостереження. *WorldVision*: вебсайт. URL: <https://worldvision.com.ua/evolutsiya-tekhnologii-raspoznavaniya-litsa-ot-natelnykh-kamer-do-videonabludeniya/> (дата звернення: 26.05.2022).
4. P. Viola and M.J. Jones Robust real-time face detection, *International Journal of Computer Vision*, vol. 57, no. 2, 2004., pp.137–154 .
5. Face Recognition System Based on Principal Component Analysis (PCA) with Back Propagation Neural Networks (BPNN) / A.K. Mohammod, Md. Nasim Akhter, Shamim Ahmed, Md. Mahbub Alam *Canadian Journal on Image Processing and Computer Vision*, 2011. – Vol. 2. – Issue 6. – pp. 1–10.
6. When face recognition meets with deep learning: An evaluation of convolutional neural networks for face recognition. / Hu, G and others.:. In Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops, Santiago, Chile, 11–12 December 2015; pp. 142–150.
7. S. Lawrence, C.L. Giles., C. Tsoira Face Recognition: A Convolutional Neural Network Approach, *IEEE Transactions on Neural Networks*, Special Issue on Neural Networks and Pattern Recognition, 1997, vol. 8, no 1, pp.98–113.
8. Identity Recognition Based on Face Image./ Qin, C and others. *J. Phys. Conf. Ser.* 2019, 1302, 032049.

9. Nam, G.P.; Choi, H.; Cho, J. PSI-CNN: A Pyramid-Based Scale-Invariant CNN Architecture for Face Recognition Robust to Various Image Resolutions. *Appl. Sci.* 2018, 8, 1561.
10. Networks and Implementation on Smart Glasses. / Khan, S. and others; In Proceedings of the 2019 International Conference on Information Science and Communication Technology (ICISCT), Karachi, Pakistan, 9–10 March 2019; pp. 1–6.
11. Occlusion Resistant Face Detection and Recognition System / An-Chao Tsai; Yang-Yen Ou; Wei-Ching Wu; Jhing-Fa Wang, 8th International Conference on Orange Technology (ICOT), 2020 .
12. Facial Emotion Recognition Using Deep Convolutional Neural Network / E. Pranav; Suraj Kamal; C. Satheesh Chandran; M.H. Supriya, 2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS).
13. SAP and Oxford Economics Research: вебсайт URL: <https://www.oxfordeconomics.com/resource/the-economic-impact-of-sap-in-the-uk/> (дата звернення: 28.05.2022).
14. Elizabeth A. Buffalo, J. Anthony Movshon, and Robert H. Wurtz From basic brain research to treating human brain disorders: article, USA, 2019.
15. Lawrence, S.; Giles, C.L.; Tsoi, A.C. Convolutional neural networks for face recognition. In Proceedings of the CVPR IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, San Francisco, CA, USA, 18–20 June 1996; pp. 217– 222.
16. Khan S., Rahmani H., Ali Shakh S. A. Guide to Convolutional Neural Networks for Computer Vision: directory. Morgan & Claypool Publishers, 2018. 207 p.
17. Bengio Y., Lecun, Y. Convolutional Networks for Images, Speech, and Time-Series: article. Canada, 1997. 14 p.
18. Rao D., McMahan B. Natural Language Processing with PyTorch: Build Intelligent Language Applications Using Deep Learning. O'Reilly Media, 2019. 256 p.

19. Evaluation of Pooling Operations in Convolutional Architectures for Object Recognition. / Scherer and others. ; 20th International Conference on Artificial Neural Networks (ICANN), Thessaloniki, Greece: Springer, 2010. pp. 92–101.

20. Kinnikar A., Husain M., Meena S.M. Face Recognition Using Gabor Filter And Convolutional Neural Network // Proceedings of the International Conference on Informatics and Analytics (Pondicherry, India, August 25–26, 2016), 2016. P. 113:1–113:4. DOI: 10.1145.Khandelwal R. Convolutional Neural Network (CNN) Simplified. 2018.

21. Dalal N., Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection. 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), San Diego, CA, USA.– 2005.– Vol.1.– pp.886–893.

22. Dlib C++ Library : вебсайт URL: <http://dlib.net/> (дата звернення: 28.05.2022).

23. I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza et al. Generative adversarial nets, *Advances in Neural Information Processing Systems*, vol. 27, 2014.

24. PyCharm: the Python IDE for Professional Developers: вебсайт. URL: <https://www.jetbrains.com/idea/pycharm-pro/> (дата звернення: 02.06.2022).

25. Flask documentation : вебсайт. URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/2.1.x/> (дата звернення: 28.05.2022).

26. J.M. Enelow, N.R. Mendell, and S. Ramesh. A comparison of two distance metrics through regression diagnostics of a model of relative candidate evaluation. *The Journal of Politics*, 50:1057–1071, 1988.

27. React: JavaScript library : вебсайт. URL: <https://ru.reactjs.org/> (дата звернення: 04.06.2022).

28. Про охорону праці: Закон України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 01.06.2022).

29. Законодавство України про охорону праці : збірник нормативних документів у 4 т. -К.: Держнагляд охорони праці; Основа, 2006.

30. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів: УАД, 2006. 336 с.

31. НПАОП 0.00-1.28-10. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 2010-03-26]. Київ, 2010. (Інформація та документація).

32. Васьковець Л.А. Методичні вказівки до практичної роботи «Визначення ступеня інтенсивності та важкості праці» з дисципліни «Виробнича санітарія» для студентів спеціальності 263 «Цивільна безпека» спеціалізації 263-1 «Охорона праці» денної та заочної форми навчання : підручник. Харків : НТУ «ХП», 2019. 38 с.

33. Про затвердження гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу: Закон України URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0528282-01#Text> (дата звернення: 03.06.2022).

ДОДАТОК А

Критерії бальної оцінки умов праці

№ п\п	Фактор умов праці на робочому місці	Оцінка, бали					
		1	2	3	4	5	6
1	Температура повітря на робочому місці (РМ) у виробничому приміщенні, °С: - теплий період - холодний період	23...25	26...28	29...32	33...35	35...37	>37
		21...23	18...20	15...17	12...14	Нижче +12	-
2	Відносна вологість повітря на РМ, %	40...50	55...60	61...75	76...85	Понад 85	-
3	Швидкість руху повітря на РМ, м/с	Менше 0,2	0,2...0,5	0,6...0,7	0,8...1,2	1,3...1,7	Понад 1,7
4	Освітленість на РМ, лк	≥ 300	240...300	160...230	100...150	60...90	30...50
5	Мінімальний розмір об'єкта розпізнавання, мм	> 1,0	1...0,3	< 0,3	0,005...0,3	< 0,05	-
6	Виробничий шум, перевищення ГДР, дБА	< 1	Рівно ГДР	1...5	6...10	> 10	> 10 з вібрацією
7	Інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²	≤ 140	141..1000	1001...1500	1501...2000	2001...2500	>2500
8	Токсична речовина, озон, кратність перевищення ГДК	-	≤ 1	1...2,5	2,6...4,0	4,1...6	> 6,0
9	Виробничий пил (паперовий), кратність перевищення ГДК	-	≤ 1	1...5	6...10	11...30	> 30

Кафедра інтелектуальних інформаційних систем
Система розпізнавання облич співробітників підприємства на базі згорткової нейронної мережі

10	Робоче місце (РМ), поза та переміщення у просторі	РМ стаціонарне, поза вільна, маса переміщене вантажу ≤ 5 кг	РМ стаціонарне, поза вільна, маса переміщене вантажу > 5 кг	Робоче місце стаціонарне, поза не вільна, до 25 % часу зміни у нахиленому положенні до 30°	РМ стаціонарне, поза вимушена – до 50 % робочої зміни	РМ стаціонарне, поза вимушена, незручна – більше 50 % робочої зміни	РМ стаціонарне, поза вимушена, незручна, нахили під кутом до 60 град більше 300 разів за робочу змін
11	Кількість важливих об'єктів спостереження	Менше 5	5...10	11...25	Понад 25	-	-
12	Тривалість зосередженого спостереження, % часу зміни	Менше 25	25...50	51...75	76...85	86...90	Понад 90
13	Тривалість повторюваних операцій, с	Понад 100	31...100	20...30	10...19	5...9	1...4
14	Змінність роботи	Ранкова зміна	Дві зміни	Три зміни	Нерегулярні зміни	-	-
15	Тривалість безперервної роботи за добу, годин	-	< 8	< 12	> 12	-	-
16	Режим праці та відпочинку	Обґрунтований, з включенням музики та гімнастики	Обґрунтований, без включення музики та гімнастики	Відсутність обґрунтованого режиму праці та відпочинку	-	-	-
17	Нервово-емоційне навантаження	Прості дії за індивідуальним планом	Прості дії за заданим планом з можливістю корегування	Складні дії за заданим планом з можливістю корегування	Складні дії за заданим планом при дефіциті часу	Відповідальність за безпеку людей	Індивідуальний ризик
18	Кількість рухів пальців на годину	< 360	360...720	721...1080	1081...3000	> 3000	-

ДОДАТОК Б

Залежність категорії умов праці від величини інтегральної бальної оцінки

Діапазон інтегральної бальної оцінки	Категорія умов праці	Характер роботи
До 18	I	Роботи, що виконуються в оптимальних умовах
19...33	II	Роботи, що виконуються в умовах, які відповідають гранично допустимим концентраціям (ГДК) і рівням (ГДР) санітарно-гігієнічних елементів, а також допустимим рівням психофізіологічних факторів
34...45	III	Роботи, що відхиляються від ГДК і ГДР та допустимих рівнів психофізіологічних факторів
45,7...53,9	VI	Робота у несприятливих умовах праці
54...59	V	Роботи, що виконуються в екстремальних умовах
Понад 59	VI	Роботи, що виконуються в екстремальних умовах

ДОДАТОК В

Лістинг коду

Файл main.py

```
import app.db as db
import app.bl as bl
from flask import Flask
from flask import request
from flask import render_template, send_from_directory
from flask_cors import CORS
import os

app = Flask(__name__
            , instance_relative_config=True
            , static_folder='../web/static/js'
            , template_folder='../web'
            , static_url_path=""
            )
CORS(app)

@app.route('/')
@app.route('/web/employees')
def serve():
    return render_template('index.html')

@app.route('/static/js/<file>')
def serve_js(file):
    return send_from_directory('../web/static/js', file)

@app.route('/static/css/<file>')
def serve_css(file):
    return send_from_directory('../web/static/css', file)

@app.route('/manifest.json')
```

```
def serve_manifest():
    return send_from_directory('../web', 'manifest.json')

@app.route('/logo192.png')
@app.route('/favicon.ico')
def serve_logo():
    return send_from_directory('../web', 'favicon.ico')

@app.route('/hello', methods=['GET'])
def hello():
    return 'Hello, World!'

@app.route('/employees', methods=['GET', 'POST'])
def employees():
    if request.method == 'GET':
        return db.get_employees()
    if request.method == 'POST':
        return db.post_employee(request.json)

@app.route('/employees/<employee_id>', methods=['GET', 'PUT', 'DELETE'])
def employee(employee_id):
    if request.method == 'GET':
        return db.get_employee(employee_id)
    if request.method == 'DELETE':
        return db.delete_employee(employee_id)
    if request.method == 'PUT':
        return db.put_employee(employee_id, request.json)

@app.route('/employees/check', methods=['POST'])
def check():
    if request.method == 'POST':
        return bl.check(request.json)

@app.route('/report', methods=['GET'])
```

```
def report():  
    if request.method == 'GET':  
        return db.get_report()
```

Файл db.py

```
import psycopg2  
import json  
from psycopg2.extras import RealDictCursor  
import app.helpers as helpers  
  
conn = psycopg2.connect(  
    dbname='d1q47tkodnglqg',  
    user='peqkgwcvqmdgdr',  
  
    password='b84df18e3fa54a74cd47d72da3366afc73442a25d782da280be9cc051cc8f9b3'  
    ,  
    host='ec2-54-171-25-232.eu-west-1.compute.amazonaws.com'  
)  
cursor = conn.cursor(cursor_factory=RealDictCursor)  
  
def get_employees():  
    cursor.execute('SELECT id, name, position, date_of_birth FROM employees')  
    return json.dumps(cursor.fetchall(), indent=4, sort_keys=True, default=str)  
  
def get_employee(_id):  
    cursor.execute('SELECT * FROM employees WHERE id = {}'.format(_id))  
    return json.dumps(cursor.fetchall(), indent=4, sort_keys=True, default=str)  
  
def delete_employee(_id):  
    cursor.execute('DELETE FROM employees WHERE id = {}'.format(_id))  
    conn.commit()  
    return "  
  
def post_employee(_json):
```



```

cursor.execute(
    'INSERT INTO employees(name, photo, position, date_of_birth) VALUES(\{\}\,
\{\}\, \{\}\, \{\}\)'.format(
        _json['name'], _json['photo'], _json['position'], _json['date_of_birth']
    )
)
conn.commit()
return "

```

```

def put_employee(_id, _json):
    cursor.execute(
        'UPDATE employees SET name = \{\}\, photo = \{\}\, position = \{\}\,
date_of_birth = \{\}\ WHERE id = {}'.format(
            _json['name'], _json['photo'], _json['position'], _json['date_of_birth'], _id
        )
    )
    conn.commit()
    return "

```

```

def get_employee_photo_base64(_id):
    cursor.execute('SELECT * FROM employees WHERE id = {}'.format(_id))
    return cursor.fetchone()

```

```

def add_to_report(_id):
    cursor.execute(
        'INSERT INTO report(employee_id, time) VALUES({},
current_timestamp)'.format(
            _id
        )
    )
    conn.commit()
    return "

```

```

def get_report():
    cursor.execute('SELECT report.*, employees.name FROM report LEFT JOIN

```

```
employees ON report.employee_id = employees.id')  
    return json.dumps(cursor.fetchall(), default=helpers.timestamp_convertor)
```

Файл bl.py

```
import app.db as db  
import dlib  
import io  
import base64  
import os  
from imageio import imread  
from scipy.spatial import distance  
  
def convert(b64):  
    return imread(io.BytesIO(base64.b64decode(b64)))  
  
def doCheck(json_from_request):  
    try:  
        shape = None  
        json_from_db = db.get_employee_photo_base64(json_from_request['id'])  
        sp = dlib.shape_predictor(os.path.join('data',  
'shape_predictor_68_face_landmarks.dat'))  
        facerec = dlib.face_recognition_model_v1(os.path.join('data',  
'dlib_face_recognition_resnet_model_v1.dat'))  
        detector = dlib.get_frontal_face_detector()  
  
        img = convert(json_from_db['photo'])  
  
        det = detector(img, 1)  
        for k, d in enumerate(det):  
            shape = sp(img, d)  
            face_descriptor1 = facerec.compute_face_descriptor(img, shape)  
  
        img = convert(json_from_request['photo'])  
  
        det = detector(img, 1)  
        for k, d in enumerate(det):
```

```
shape = sp(img, d)
face_descriptor2 = facerec.compute_face_descriptor(img, shape)

dist = distance.euclidean(face_descriptor1, face_descriptor2)
return {'pass': dist < 0.6, 'name': json_from_db['name'], 'error': ''}
except:
    return {'pass': bool(False), 'name': '', 'error': 'Something went wrong'}

def check(json_from_request):
    result = doCheck(json_from_request)
    if result.get('pass'):
        db.add_to_report(json_from_request['id'])
    if result.get('error') == '':
        return '{"error":"","result":"' + str(result.get('pass')).lower() + '","name":"' +
result.get('name') + '"}'
    else:
        return '{"error":"' + result.get('error') + '","result":false}'
```