

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАТИКИ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

*Кафедра автоматизованих систем обробки інформації і управління*

«На правах рукопису»

УДК \_\_\_\_\_

**«До захисту допущено»**

**В.о. завідувача кафедри**

*О.А.Павлов*

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(ініціали, прізвище)

“    ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

## **Магістерська дисертація**

зі спеціальності

121 «Інженерія програмного забезпечення»

на тему:

«Алгоритмічне та програмне забезпечення комп'ютерного  
бачення на прикладі сфери масового обслуговування»

**Виконала:**

студентка VI курсу, групи III-81мп

*Савченко Валерія Віталіївна*

\_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Науковий  
керівник**

*доц., к.ф-м.н. Гавриленко О. В.,*

\_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Консультант**

*доц., к.т.н., Ліщук К.І.*

\_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

**Рецензент**

\_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
(повна назва)

Кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління  
(повна назва)

Рівень вищої освіти другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 121 «Інженерія програмного забезпечення»  
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

О.А. Павлов  
(ініціали, прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

Савченко Валерії Віталіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Алгоритмічне та програмне забезпечення комп'ютерного бачення на прикладі сфери масового обслуговування

науковий керівник дисертації к.ф.-м.н., доц. Гавриленко О.В.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом дисертації “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

3. Об'єкт дослідження процес ідентифікації особи по обличчю та отримання її біометричного шаблону за допомогою методів машинного навчання.

4. Предмет дослідження точність та ефективність алгоритмів комп'ютерного бачення для обробки фото та відео з великою кількістю осіб.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити дослідження існуючих способів розпізнавання осіб та їх біометричного шаблону у сфері масового обслуговування; дослідження існуючих технічних способів ідентифікації осіб; підбір архітек

*тури бекбоунів для нейронної мережі моделі розпізнавання; розробка програмного забезпечення, яке використовує спроектовану модель розпізнавання; порівняння результатів реалізованої моделі з існуючими засобами ідентифікації осіб.*

6. Перелік графічного матеріалу \_\_\_\_\_

*Схема структурна моделі функціональних вимог*

*Схема структурна бізнес процесів*

7. Орієнтовний перелік публікацій *Вплив норми навчання на точність розпізнавання образів; Нейромережева технологія виявлення інсайдерських загроз на основі аналізу журналів активності користувачів.*

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання “ 01 ” вересня 2019 р

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Дослідження існуючих способів розпізнавання осіб та їх біометричного шаблону у сфері масового обслуговування</i>	<i>20.09.2019</i>	
2	<i>Дослідження існуючих технічних способів ідентифікації осіб</i>	<i>10.10.2019</i>	
3	<i>Підбір архітектури бекбоунів для нейронної мережі моделі розпізнавання</i>	<i>20.10.2019</i>	
4	<i>Підбір навчальних датасетів для тренування моделі розпізнавання</i>	<i>25.10.2019</i>	
5	<i>Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення</i>	<i>15.11.2019</i>	
7	<i>Проведення експериментальних досліджень розроблених алгоритмів</i>	<i>20.11.2019</i>	
8	<i>Оформлення документації</i>	<i>01.12.2019</i>	
9	<i>Подання роботи на попередній захист</i>	<i>05.12.2019</i>	
10	<i>Подання роботи на основний захист</i>	<i>16.12.2019</i>	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

Науковий керівник

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

**Актуальність теми:** необхідність розпізнавати небажаних осіб та вік, стать і емоційний стан відвідувачів об'єктів сфери масового обслуговування із фото та відеофайлів з камер спостереження.

**Мета дослідження:** аналіз методів ідентифікації осіб за фото та відеофайлами та отримання їх біометричного шаблону.

Для реалізації поставленої мети були сформульовані **наступні завдання:** дослідження існуючих способів розпізнавання осіб та їх біометричного шаблону у сфері масового обслуговування; дослідження існуючих технічних способів ідентифікації осіб; підбір архітектури бекбоунів для нейронної мережі моделі розпізнавання; підбір навчальних датасетів для тренування моделі розпізнавання; розробка програмного забезпечення, яке використовує спроектовану модель розпізнавання; порівняння результатів реалізованої моделі з існуючими засобами ідентифікації осіб.

**Об'єкт дослідження:** процес ідентифікації особи по обличчю та отримання її біометричного шаблону за допомогою методів машинного навчання.

**Предмет дослідження:** точність та ефективність алгоритмів комп'ютерного бачення для обробки фото та відео з наявною великою кількістю осіб.

**Методи дослідження:** дослідження, аналіз, експеримент.

**Наукова новизна:** найбільш суттєвими науковими результатами магістерської дисертації є реалізація унікального програмного модулю для ідентифікації осіб та отримання їх біометричного шаблону за допомогою сучасних алгоритмів комп'ютерного бачення.

**Практичне значення отриманих результатів** визначається тим, що запропоноване програмне рішення може бути використане на об'єктах

сфери масового обслуговування для визначення злочинців та емоційного стану відвідувачів.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами:**

Робота виконувалась на кафедрі автоматизованих систем обробки інформації та управління Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського» в рамках теми «Методи та технології високопродуктивних обчислень та обробки надвеликих масивів даних». Державний реєстраційний номер 0117U000924.

**Апробація:** Основні положення роботи доповідались і обговорювались на Міжнародному науковому симпозіумі "Інтелектуальні рішення" (IntSol-2019), публікувались у науково-технічного журналі "Сучасний захист інформації" 4(36), 2018, виданні "Захист інформації", том 21, №3, виданні "Magyar Tudomanyos Journal" №31(2019).

**Публікації:** Наукові положення дисертації опубліковані в матеріалах Міжнародного наукового симпозіума "Інтелектуальні рішення" (IntSol-2019), науково-технічного журналу "Сучасний захист інформації" 4(36), 2018, видання "Захист інформації", том 21, №3, видання "Magyar Tudomanyos Journal" №31(2019).

**Ключові слова:** КОМП'ЮТЕРНЕ БАЧЕННЯ, АЛГОРИТМ, СФЕРА МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, РОЗПІЗНАВАННЯ, КЛАСИФІКАЦІЯ, НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ.

## ABSTRACT

**Topic relevance:** the need to recognize unwanted people and the age, gender and emotional state of visitors of retail locations from photos and videos from surveillance cameras.

**Research purpose:** to analyze the methods of identification of persons by photos and videos and to obtain their biometric portrait.

To achieve this goal, **the following tasks** were formulated: research of existing ways of identifying persons and their biometric pattern in queuing; study of existing technical means of identification of persons; selection of the backbone architecture for the neural network recognition model; selection of training datasets for training model recognition; development of software that uses a designed recognition model; comparison of the results of the implemented model with the existing means of identification of persons.

**Research object:** the process of identifying a person by face and obtaining his biometric template using machine learning methods.

**Research subject:** the accuracy and effectiveness of computer vision algorithms for processing multiple-person photos and videos.

**Research methods:** research, analysis, experiment.

**Scientific Novelty:** the most significant scientific result of a master's thesis is the implementation of a unique software module for identifying individuals and obtaining their biometric template using modern computer vision algorithms.

**The practical significance of the results** obtained is determined by the fact that the proposed algorithmic and software solution can be used in queuing facilities to identify criminals and emotional state of visitors.

**Relationship with working with scientific programs, plans, topics:**

The work was performed at the Department of Automated Information Processing and Management Systems of the National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute Igor Sikorsky» within the topic “Methods

and technologies of high-performance computing and processing of large data sets”. State Registration Number 0117U000924.

**Testing:** The main points of the work were reported and discussed at the International Scientific Symposium "Intelligent Solutions" (IntSol-2019), published in the scientific and technical journal "Modern information protection" 4 (36), 2018, publication "Information protection", volume 21, no. 3, editions of "Magyar Tudományos Journal" No. 31 (2019).

**Publications:** Scientific Provisions of the Dissertation Published in Materials of the International Scientific Symposium "Intelligent Solutions" (IntSol-2019), Scientific and Technical Journal "Modern Information Protection" 4 (36), 2018, "Information Security", Volume 21, No.3, Edition "Magyar Tudományos Journal" No. 31 (2019).

**Keywords:** COMPUTER VISION, ALGORITHM, MASS-SERVICE SPHERE, RECOGNITION, CLASSIFICATION, NEURAL NETWORKS, MACHINE LEARNING.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів .....		10
1	<b>АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ</b> ....	12
1.1	Загальні положення .....	12
1.2	Змістовний опис і аналіз предметної області.....	13
1.3	Аналіз успішних технічних рішень.....	17
1.4	Аналіз аналогічних програмних рішень .....	21
1.5	Аналіз вимог до програмного забезпечення .....	22
1.5.1	Розробка функціональних вимог .....	25
1.5.2	Розробка нефункціональних вимог .....	29
1.5.3	Постановка комплексу завдань модулю .....	30
1.6	Висновки до розділу .....	31
2	<b>МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ</b> .....	32
2.1	Моделювання та аналіз програмного забезпечення .....	32
2.2	Конструювання програмного забезпечення .....	38
2.2.1	Методологія та підходи до розробки ПЗ.....	38
2.2.2	Мінімізація коду .....	38
2.2.3	Використані технології .....	38
2.2.4	Системи контролю версій та організації коду.....	39
2.3	Висновки до розділу .....	40
3	<b>АРХІТЕКТУРА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ</b> .....	41
3.1	Узагальнена архітектура системи .....	41
3.2	Модель розпізнавання та класифікації .....	42
3.2.1	Ідентифікація обличчя .....	44
3.2.2	Розпізнавання статі та віку .....	45
3.2.3	Розпізнавання емоційного стану.....	46
3.3	Модель зберігання даних .....	48

3.4	Висновки до розділу .....	51
4	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
	52	
4.1	Підбір метрик перевірки ефективності.....	52
4.2	Порівняння ефективності рішення.....	54
4.3	Висновки до розділу .....	57
5	БІЗНЕС ПЛАН ІНОВАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ .....	58
5.1	Опис ідеї стартап-проекту.....	58
5.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	60
5.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту ....	61
5.4	Розроблення ринкової стратегії.....	71
5.5	Розробка маркетингової програми стартап проекту .....	74
5.6	Економічне обґрунтування розробки .....	77
5.7	Висновки до розділу .....	80
	ВИСНОВКИ .....	82
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	84
	ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ.....	87

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Машинне навчання (англ. machine learning) — це підгалузь інформатики (зокрема, м'яких та гранульованих обчислень), яка еволюціювала з дослідження розпізнавання образів та теорії обчислювального навчання в галузі штучного інтелекту[1].

CNN – Convolutional Neural Network(s)[3].

DCNN – Deep Convolutional Neural Network[9].

Object detection – розпізнавання образів.

*Data Mining* — виявлення прихованих закономірностей або взаємозв'язків між змінними у великих масивах необроблених даних. Зазвичай поділяють на задачі класифікації, моделювання та прогнозування[4].

Бекбоун – функціональна будова та структура зв'язків між шарами нейронної мережі.

API – набір процедур та функцій, що дозволяють створювати програмні продукти з доступом до внутрішнього функціоналу операційної системи чи пристрою [5].

Розпізнавання образів (pattern recognition) — це розділ теорії штучного інтелекту (artificial intelligence), що вивчає методи класифікації об'єктів.

## ВСТУП

У сьогоденні сфера інформаційних технологій призначена задовольняти людські потреби майже у всіх областях застосування. Людина навчила машину інформувати, розважати та навіть застерігати і все це ще до поширення машинного навчання – за допомогою відносно простих алгоритмів із прямими залежностями на відкаліброваних даних.

Часто трапляється, що необхідно сьогочасно отримати розгорнуту інформацію про той чи інший образ, побачений на власні очі. З якою мірою об'єктивності людина зможе описати побачене? Те, що є ясным для одного, буде конче не так сприйматися іншою особою. Подібно можна висловитись і про пошук інформації у мережі Інтернет – стовідсоткова впевненість, що отриманий результат буде саме тим, що спочатку шукав користувач, відсутня. Залишається тільки уявляти, що дало б поєднання обчислювальних можливостей комп'ютера та розпізнавальних здібностей людського мозку. У такому разі, отримавши кадр із обличчям людини можливо було б миттєво отримати інформацію про її можливий настрій, стать, вік – у якості того, що розпізнав би людський мозок, а також дані про можливу причасність до певних соціальних груп і т.д.

Головною метою даного дослідження є аналіз методів ідентифікації осіб за фото та відеофайлами та отримання їх біометричного шаблону.

Практичним значенням магістерської дисертації є створення універсального, зручного в інтегруванні з іншим програмним забезпеченням, модулю, що може бути всебічно використаним у сфері обслуговування – у продажах, банкінгу, телемедіа та ін., і перевірка його ефективності у порівнянні з уже існуючими рішеннями.

Користувачами продукту насамперед можуть бути структури, що відчувають потребу у додатковому інформаційному захисті та аналітиці даних клієнтів, що користуються послугами вищезгаданих.

# 1 АНАЛІЗ ВИМОГ ДО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

## 1.1 Загальні положення

Розпізнавання образів — це розділ теорії штучного інтелекту, що вивчає методи класифікації об'єктів. За традицією об'єкт, що піддається класифікації, називається образом. Образом може бути цифровий файл (розпізнавання зображень), буква або цифра (розпізнавання символів), запис мови (розпізнавання мови), тощо[2].

В межах теорії штучного інтелекту розпізнавання образів включається в більш широку наукову дисципліну — теорію машинного навчання, метою якої є розробка методів побудови алгоритмів, що здатні навчатися[2].

Нейронні мережі – це клас моделей, що оснований на біологічній аналогії з мозком людини і призначені для рішення різноманітних задач аналізу даних після проходження етапу навчання на наявних даних.

Застосування даних методів ставить питання вибору конкретної архітектури нейронної мережі – дослідник має право самостійно підбирати кількість шарів – глибину, та кількість «нейронів» у кожному з них. Вибір архітектури також являє собою непросту задачу ще й через те, що на початковому етапі аналізу природа досліджуваного явища зазвичай відома погано, тому сам процес підбору пов'язаний із довготривалими «намаганнями та помилками». Для вирішення подібних проблем на комплексних задачах останнім часом стали застосовуватись методи штучного інтелекту.

У ході процесу машинного навчання нейрони мережі ітеративно обробляють вхідні дані і корегують ваги всередині мережі таким чином, щоб мережа виконувала підгонку даних найефективнішим способом. Після цього на тренувальній вибірці мережа готова до використання і готова для перевірки прогнозів.

Всесвітня наукова спільнота відмічає факт, що нейронні мережі реалізують, або якщо точніше, то припускають використання обчислювальних систем з масовим паралелізмом. Однак, більшість існуючого нейромережевого програмного забезпечення розроблене для роботи на машинах з єдиним процесором. Значно пришвидшити роботу в такому випадку можна не тільки за рахунок реалізації систем, що використовують переваги багатопроцесорних машин, але і створенням більш ефективних алгоритмів навчання.

Однак, тренування будь-якого алгоритму чи нейронної мережі потребує наявних даних у достатній кількості. Для виявлення закономірностей у даних недостатньо застосувати методи Data Mining, хоч, безперечно, даний етап є основним у процесі інтелектуального аналізу[6]. Даний процес складається із декількох етапів:

- огляд та формалізація задачі аналізу;
- підбір та калібрування даних для авто-аналізу (препроцесинг);
- застосування методів Data Mining та побудова моделей;
- перевірка ефективності отриманих моделей;
- інтерпретація моделей людиною.

## 1.2 Змістовний опис і аналіз предметної області

Предметною областю даного дослідження є сфера масового обслуговування, а саме нас цікавлять наступні її характеристики: численні групи людей, що зосереджені в одному місці з однією метою, потреба слідкувати за безпекою та можливість аналізувати дані про вищезгаданих людей для задоволення їх потреб.

Далі наведена схема задач дослідження, що проводиться.

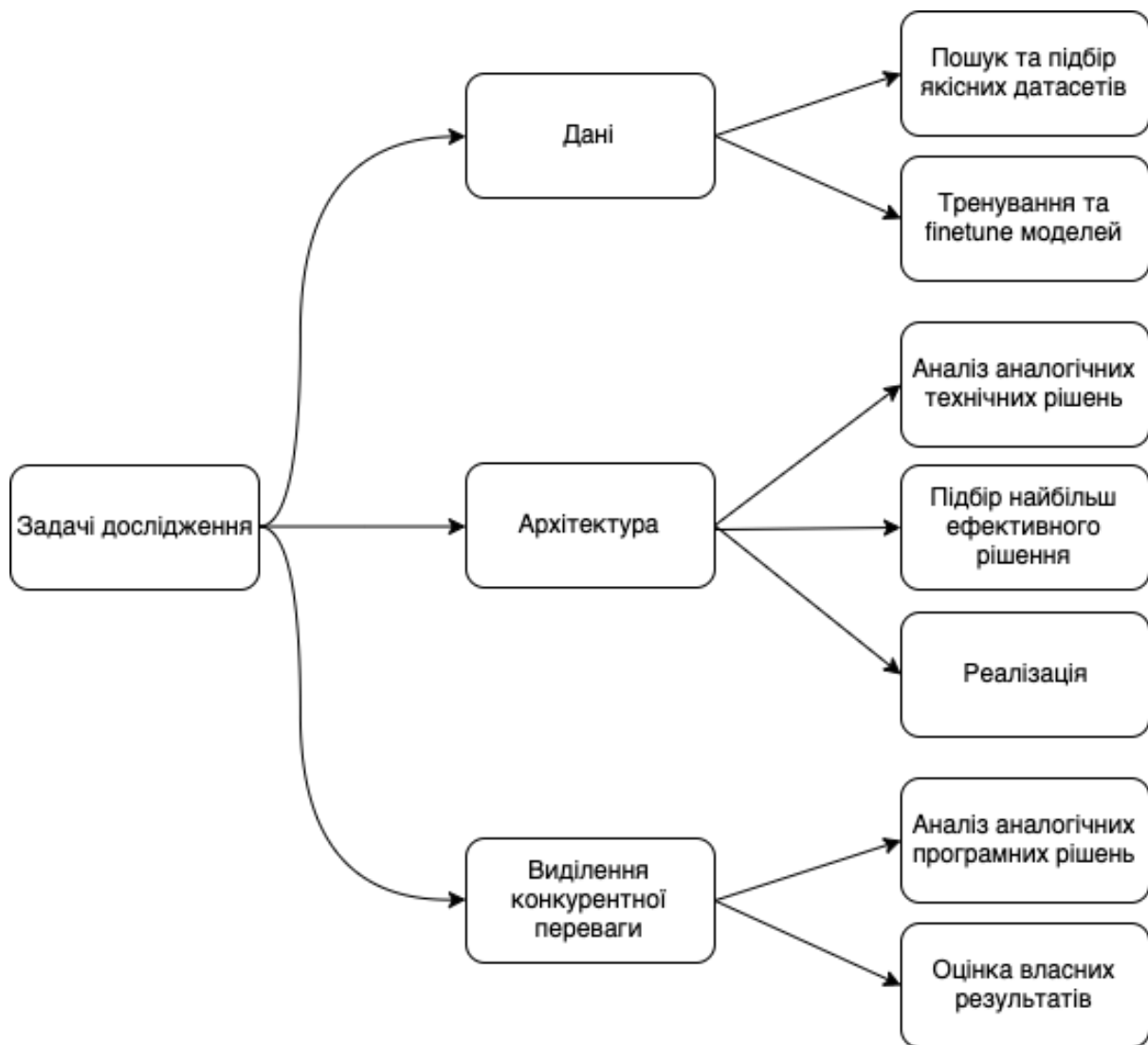


Рисунок 1.1 – Схема структурна задач дослідження

У ході огляду предметної області, були визначені компоненти, необхідні для реалізації:

- алгоритм для моделей розпізнання обличчя людини, рис обличчя та класифікації емоційного стану, статі, віку і т.д.;
- навчальні вибірки(для розпізнавання віку, статі, емоцій);
- тестовий датасет;
- валідаційний датасет.

Модель для розпізнавання реалізує алгоритм комп'ютерного бачення та є універсальною. У даному дослідженні розглядається задача розпізнавання саме зовнішніх характеристик обличчя людини, але коректно

спроектована архітектура дозволить використовувати модель для розпізнавання образів множини різних, відмінних предметних областей. Цю модель можна буде постійно використовувати, не переймаючись про її ефективність та точність отриманих результатів. Для його коректної роботи на образах з іншої предметної області достатньо буде перетренувати модель на іншій вибірці.

Діаграма діяльності, що вказує на зв'язки системи із користувачем та зв'язки між підсистемами, наведена на рисунку 1.2.

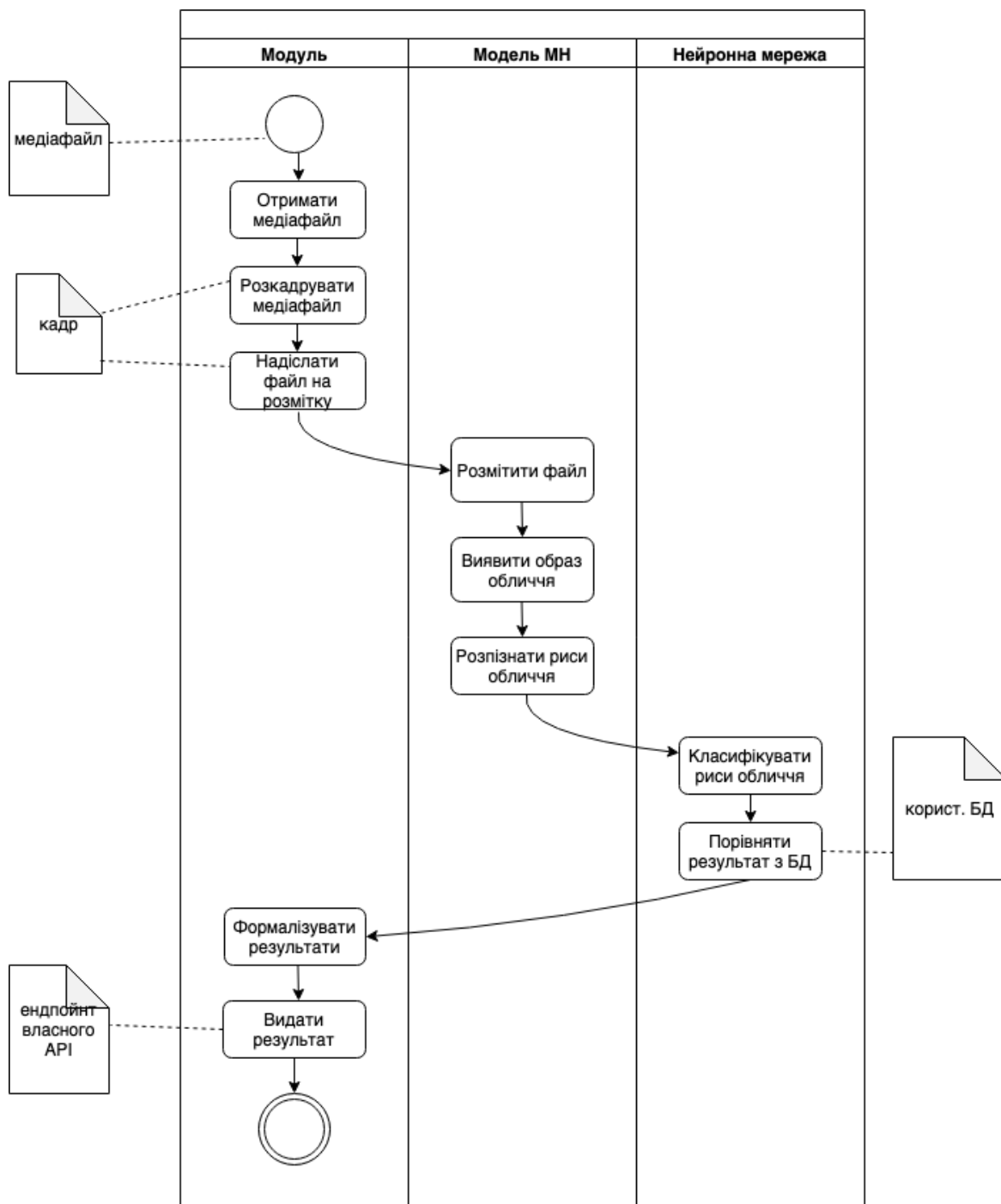


Рисунок 1.2 – Діаграма діяльності

### 1.3 Аналіз успішних технічних рішень

В якості відомих технічних рішень в даному розділі будуть розглядатися наявні архітектури бекбоунів нейронних мереж для розпізнавання об'єктів при обробці цифрових медіафайлів.

Наразі наявний огляд наступних рішень:

- AlexNet, 2012;
- VGG, 2014;
- Inception, 2014;
- ResNets, 2015;
- MobileNets, 2017.

Далі наведена стисла інформація про кожне із технічних рішень на прикладі розпізнавання облич.

## AlexNet

Допускаючи більше 60 мільйонів параметрів, AlexNet має 8 шарів - 5 згорткових і 3 повністю пов'язаних. За своєю архітектурою AlexNet просто має ще кілька шарів над LeNet-5(1998). На момент публікації автори зазначали, що їх архітектура була «однією з найбільших на цей час згорткових нейронних мереж на підмножині ImageNet».

Новизна даного бекбоуну полягала в тому, що вони першими застосували функцію виправлених лінійних одиниць (ReLU) в якості функції активації.

## VGG

Як могло стати помітно – згорткові нейронні мережі ставали все глибше і глибше. Це пояснюється тим, що найпростішим способом підвищення продуктивності глибоких нейронних мереж є збільшення їх розмірів.

Науковці з групи візуальної геометрії (VGG) винайшли VGG-16, який має 13 згорткових і 3 повністю пов'язаних шарів, несучи з собою вже ставшу традиційною ReLU від AlexNet. Ця мережа надбудовує більше шарів над AlexNet і використовує фільтри меншого розміру ( $2 \times 2$  і  $3 \times 3$ ). Вона складається з 138 мільйонів параметрів і займає близько 500 МБ місця для зберігання. Також був сконструйований більш глибокий варіант, VGG-19.

Новизною цього бекбоуну була його глибина – приблизно вдвічі більша за глибину попередника.

## Inception

Ця 22-шарова архітектура з 5 мільйонами параметрів називається Inception-v1. Тут широко застосовується підхід «Мережа в мережі». Це робиться за допомогою "модулів початку". Конструкція архітектури модуля Inception є продуктом дослідження наближених розріджених структур. Кожен модуль представляє 3 ідеї:

- паралельні стеки згортків із різними фільтрами, що продовжуються конкатенацією і виявляють різні характеристики розмірностями 1 на 1, 3 на 3 та 5 на 5, тим самим кластеризуючи їх;
- згортки 1 на 1 знижують об'ємність даних та прибирають обчислювальні ботлнеки, а також додають нелінійності градієнтам за допомогою функцій активації;
- автори також ввели два зовнішніх класифікатори для підвищення сигналу градієнта при зворотньому проходженні для отримання додаткової регуляризації.

Новизна бекбоуну в тому, що його блоки тепер пов'язані не тільки послідовно, а ще й можуть бути використані паралельно, що дозволяє "збирати" нейронну мережу з цих блоків, а не окремих функцій кожного шару.

## ResNets

З останніх кількох бекбоунів згорткових нейронних мереж не було представлено нічого, крім збільшення кількості шарів у архітектурі та досягнення кращих характеристик. Але "зі збільшенням глибини мережі ріст точності пришвидшується (що може не дивно), а потім швидко погіршується". Люди з Microsoft Research вирішили цю проблему в ResNet - використовуючи пропускні з'єднання (а.к.а. ярлики, залишки), будуючи більш глибокі моделі.

ResNet є одним з перших рішень, що приймає пакетну нормалізацію (документ про пакетну норму). Основним будівельним блоком для ResNets є згорткові блоки та блоки ідентичності, що також використовували метод batch normalization.

Новизною даного бекбоуну була популяризація пропускних з'єднань та можливість проектування ще більш глибоких згорткових нейронних мереж без ризику втрати в точності або часу на обробку даних.

## MobileNets

Архітектура, яка отримала назву MobileNet, обертається навколо ідеї використання згортків, що розділяються по глибині, які складаються з глибокої та точкової згортки одна за одною. Залишкові блоки з'єднують початок і кінець згорткового блоку з пропускним з'єднанням. Склавши ці два стани, мережа має можливість отримати доступ до більш ранніх активацій, які не були змінені в згортковому блоці. Цей підхід виявився найважливішим для побудови мереж великої глибини.

Новизна даного бекбоуну полягає у використанні ReLU6 в якості функції активації, що лініаризує активацію, коли результат між 0 та 6.

## 1.4 Аналіз аналогічних програмних рішень

### **FindFace SDK**

FindFace SDK - це бібліотека на мові C, що дає доступ до передової технології розпізнавання осіб на основі нейронних мереж. SDK дозволяє швидко і точно вирішувати 3 ключові завдання в сфері розпізнавання осіб: розпізнавання фрагментів з обличчями, розпізнавання характеристик зовнішності(стать, вік, настрій, наявність окулярів чи бороди), пошук по соціальній мережі ВКонтакте за фото. Використання платне, доступна коротка демо-версія для випробувань. Розроблений стартапом NTechLab у 2015-16 році.

### **SearchFace.ru**

Веб-застосунок російських розробників для пошуку людей по соціальній мережі ВКонтакте за фото. Порівнює завантажене фото із базою аватарів користувачів соц. мережі та видає майже миттєвий результат. Порівняння відбувається за алгоритмом порівняння відстаней(пропорцій). Використання платне за номером телефону. Оскільки в країні розробників отримання сім-карт дозволене тільки за умови наявності паспорту, тож власники порталу можуть знати не тільки кого шукають, а і хто. Також відсутнє рішення для комерційних клієнтів.

## 1.5 Аналіз вимог до програмного забезпечення

Завдяки аналізу вимог та характеристик аналогічних програмних розробок були визначені основні варіанти використання даного програмного забезпечення, що відображають функціонал розроблюваної системи. Серед акторів можна виділити тільки систему, оскільки розробка не потребує користувацьких або адміністративних функцій.

Основний функціонал модулю:

- отримання медіафайлу через API пристрою, до якого підключений;
- розпізнавання образу людини із медіафайлу;
- розпізнавання характеристик зовнішності особи з образу;
- класифікація характеристик зовнішності;
- перевірка на збіги із БД(за наявності БД користувача);
- формування результуючої видач
- передача результату через API модулю на пристрій.

Опис варіантів використання наведений у таблиці переліку варіантів використання.

Таблиця 1.1 – Основні варіанти використання

ID	Актор	Назва/Розділ	Передумови	Опис
UC01	Система	Отримання фото через API пристрою/Робота з даними	Ендпойнт з API пристрою прописаний при підключенні модуля. Пристрій може надати фото.	Модуль отримує цифровий файл – фото від пристрою, до якого інтегрований.

Продовження таблиці 1.1

UC02	Система	Отримання відеоряду через API пристрою/Робота з даними	Ендпойнт з API пристрою прописаний при підключенні модуля. Пристрій може надати відеоряд.	Модуль приймає стрімінг файлу – відео від пристрою, до якого інтегрований.
UC03	Система	Кадрування відеоряду/Робота з даними	Модуль отримав відеоряд із пристрою.	Модуль ділить відеоряд на кадри – самостійні цифрові файли.
UC04	Система	Розпізнавання образу людини із кадру/Машинне навчання	Модуль має єдиний кадр для подальшої обробки.	Модель МН модуля розпізнає образ людини на кадрі.
UC05	Система	Розпізнавання образів характеристик зовнішності/ Машинне навчання	Образ обличчя людини успішно розпізнано.	Модель МН модуля розпізнає образи рис обличчя людини на кадрі.

Продовження таблиці 1.1

UC06	Система	Класифікація віку/Нейронна мережа	Образи рис обличчя людини успішно розпізнано.	НМ модуля класифікує вік за рисами обличчя.
UC07	Система	Класифікація статі/Нейронна мережа	Образи рис обличчя людини успішно розпізнано.	НМ модуля класифікує стать за рисами обличчя.
UC08	Система	Класифікація емоцій/Нейронна мережа	Образи рис обличчя людини успішно розпізнано.	НМ модуля класифікує емоції за рисами обличчя.
UC09	Система	Перевірка на збіги з БД користувача/ Нейронна мережа	Користувацька БД доступна та підключена через відповідний ендпойнт.	НМ модуля порівнює класифікований образ особи із датасетом із БД.
UC10	Система	Видача результату/ Робота з даними	Принаймні одна перевірка на розпізнавання пройдена.	Модуль формалізує результати і видає через власний API до пристрою.

Опираючись на дані з наведеної таблиці варіантів використання, стало можливо представити зв'язки між ними на структурній схемі варіантів використання (рисунок 1.3).

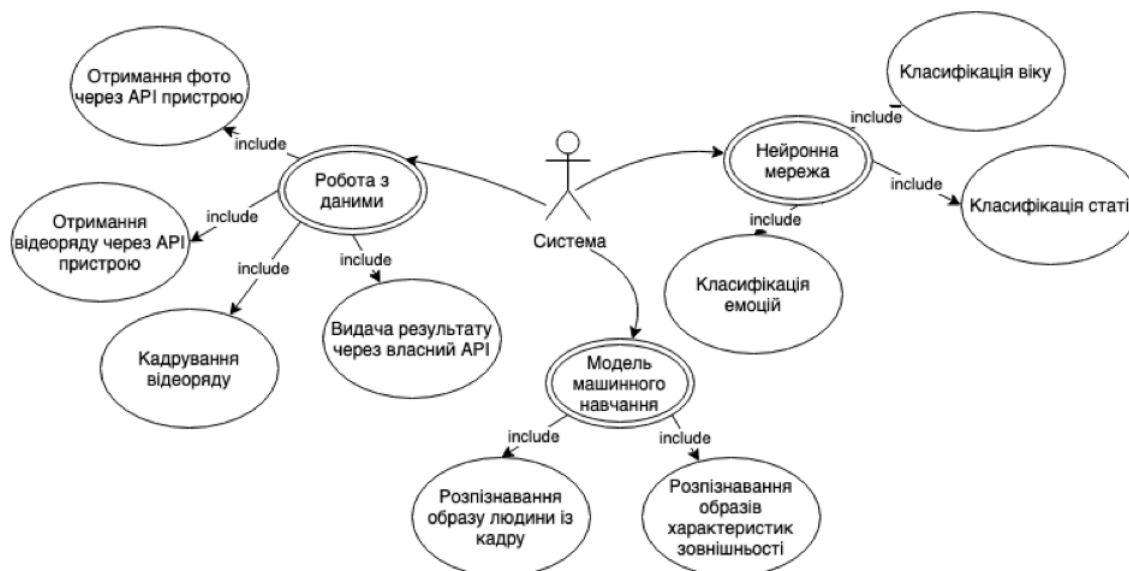


Рисунок 1.3 – Схема структурна варіантів використання

### 1.5.1 Розробка функціональних вимог

Маючи дані з таблиці варіантів використання, наступні функціональні вимоги можуть бути сформульовані(наведені у таблиці 1.2).

Таблиця 1.2 – Функціональні вимоги

Розділ	Функціональна вимога	Пріоритет
Робота з даними	Модуль дозволяє під'єднатися до стороннього API для отримання даних.	Високий

Продовження таблиці 1.2

	Модуль дозволяє використовувати дані з користувацької БД(за наявності).	Середній
	Модуль має приймати дані у форматі фото.	Високий
	Модуль має приймати дані у форматі потокового відео.	Високий
	Модуль має зберігати потокове відео в буфері для подальшого кадрування.	Високий
	Модуль має кадрувати відеоряд для отримання окремого кадру(зображення).	Високий
	Модуль має збирати результати роботи нейронної мережі для формалізованої видачі.	Високий
	Модуль має власний API.	Середній

Продовження таблиці 1.2

Машинне навчання	Модель МН модулю навчається розпізнавати образи обличчя людей.	Високий
	Модель МН модулю навчається розпізнавати образи окремих рис обличчя людей.	Високий
Нейронна мережа	НМ модуля класифікує вік за рисами розпізнаного обличчя.	Високий
	НМ модуля класифікує стать за рисами розпізнаного обличчя.	Високий
	НМ модуля класифікує емоції за рисами розпізнаного обличчя.	Високий
	НМ модуля використовує датасет користувачької БД для порівняння образу обличчя.	Середній

Базуючись на інформації, наведеній у таблиці 1.2, була сформована модель функціональних вимог, що наведена на рисунку 1.3.

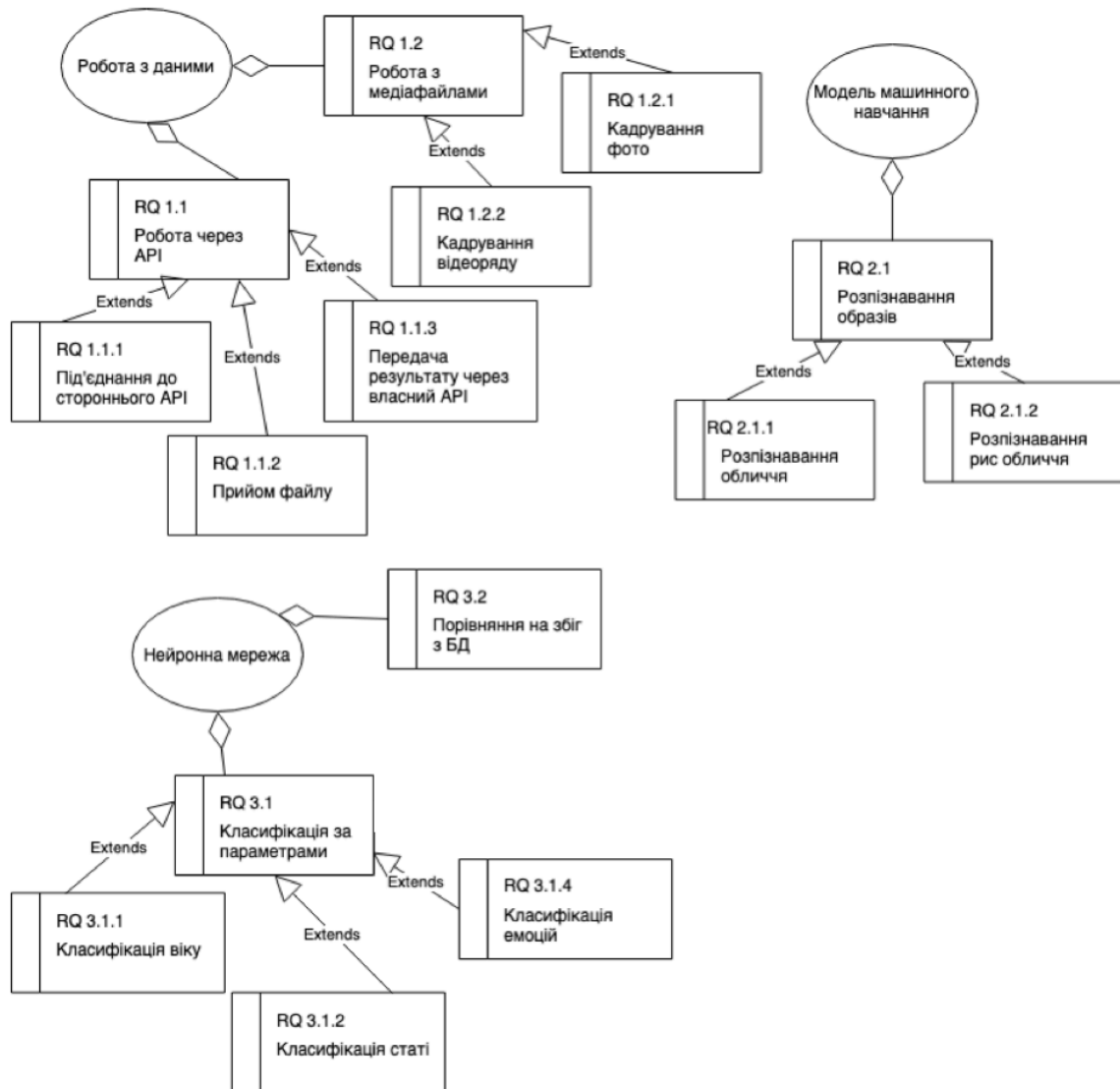


Рисунок 1.4 – Схема структурна моделі функціональних вимог

Отже, керуючись наявними варіантами використання (табл. 1.1) та моделлю функціональних вимог (рис. 1.3), можлива генерація матриці трасування вимог (рис. 1.4), що представляє зв'язки між варіантами використання системи для користувача та вимоги до функціоналу системи, виділених за допомогою користувацьких вимог.

	RQ 1.1	RQ 1.1.1	RQ 1.1.2	RQ 1.1.3	RQ 1.2	RQ 1.2.1	RQ 1.2.2	RQ 2.1	RQ 2.1.1	RQ 2.1.2	RQ 3.1	RQ 3.1.1	RQ 3.1.2	RQ 3.1.3	RQ 3.2
UC01	X	X	X												
UC02	X	X	X												
UC03					X	X	X								
UC04								X	X						
UC05								X		X					
UC06											X	X			
UC07											X		X		
UC08											X			X	
UC09															X
UC10				X											

Рисунок 1.5 – Матриця трасування вимог

### 1.5.2 Розробка нефункціональних вимог

Кінцевий продукт має видавати вихідні дані однакового формату незалежно від системи, в яку інтегрується. Модуль цілодобово має бути доступним для всіх користувачів, проте основна цільова аудиторія являє собою бізнес-структури з постійним потоком клієнтів.

Функціонал має бути простим та інтуїтивно зрозумілим.

Модуль має отримати доступ до цифрових файлів через API програмного забезпечення пристрою, до якого інтегрується.

Модуль не має збирати особисту інформацію користувачів, окрім фото.

Модуль у режимі локального використання має можливість функціонувати повністю автономно, що дозволяє опустити процес розробки серверної частини. Через це постає вимога підбору найефективнішого алгоритму машинного навчання для класифікації і розпізнавання на сьогоднішній день.

Модуль у режимі серверного використання рекомендовано реалізувати із урахуванням можливого навантаження від запитів користувачів та із можливістю масштабування для випадків розширення функціоналу або перехід до стану самостійної системи.

### 1.5.3 Постановка комплексу завдань модулю

Призначенням даного модулю є автоматизація розпізнавання об'єкту із наданого цифрового графічного файлу та його класифікація на предмет характеристик зовнішності людини. Характеристики зовнішності, що розглядаються в даному випадку:

- стать;
- приблизний вік;
- емоційний стан(настрій);
- порівняння з БД на збіг із даними про окрему особу.

Даний модуль має інтегруватися до операційного програмного забезпечення банкоматів, оплатних терміналів, вендінг-автоматів, систем безпеки місць масового скупчення людей, тощо.

Для досягнення поставленої мети, модуль має вирішувати наступні задачі:

- обробка цифрового файлу (фото чи відео);
- кадрування;
- розмітка;
- детекція об'єкта;
- класифікація об'єкта згідно правил із навчального датасету;
- видача результату в уніфікованій формі.

Відповідно, для досягнення цього, розроблені моделі мають бути натреновані на мультикласових датасетах.

## 1.6 Висновки до розділу

У даному розділі магістерської дисертації відображена суть розроблюваного програмного забезпечення та його зв'язок із дослідженням, наведений огляд та аналіз аналогічних розробок, описані функціональні та нефункціональні вимоги. Загальне уявлення про функціонал майбутнього додатку наведене у таблиці варіантів використання, а також презентоване за допомогою схеми варіантів використання.

Мета та об'єкт розробки були визначені, опираючись на доступні дані. По отриманню результатів аналізу об'єкта розробки стало можливим визначити цільову аудиторію даного продукту.

Після аналізу відомих програмних рішень було доведено, що дане дослідження та програмне забезпечення, що проектується, буде як мінімум дешевшим та швидшим рішенням поставленої задачі.

Були визначені вимоги до технічного устаткування та середовищ розробки, з якими буде проводитись взаємодія.

Використання хоча б одного із проаналізованих методів побудови бекбоуну для реалізації нейронної мережі є нетривіальним способом рішення поставленої задачі та в перспективі зможе слугувати надійним ґрунтом для подальших досліджень.

## **2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА КОНСТРУЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ**

### **2.1 Моделювання та аналіз програмного забезпечення**

Виконавши аналіз функціональних вимог та списку варіантів використання, була побудована наступна структурна схема бізнес процесів, що вказує на розшированість компонентів програмного забезпечення, що створюється.

Схема бізнес процесів наведена на рисунку 2.1 даного розділу та у графічному матеріалі пояснювальної записки.

З розробленої схеми бізнес процесів чітко виділено 3 основні частини архітектури системи:

- інтерфейс для роботи з даними;
- модель МН для розпізнавання образів, що інкапсулює в собі нейронну мережу для класифікації результату;
- бекенд з інтегрованою документо-орієнтованою базою даних.

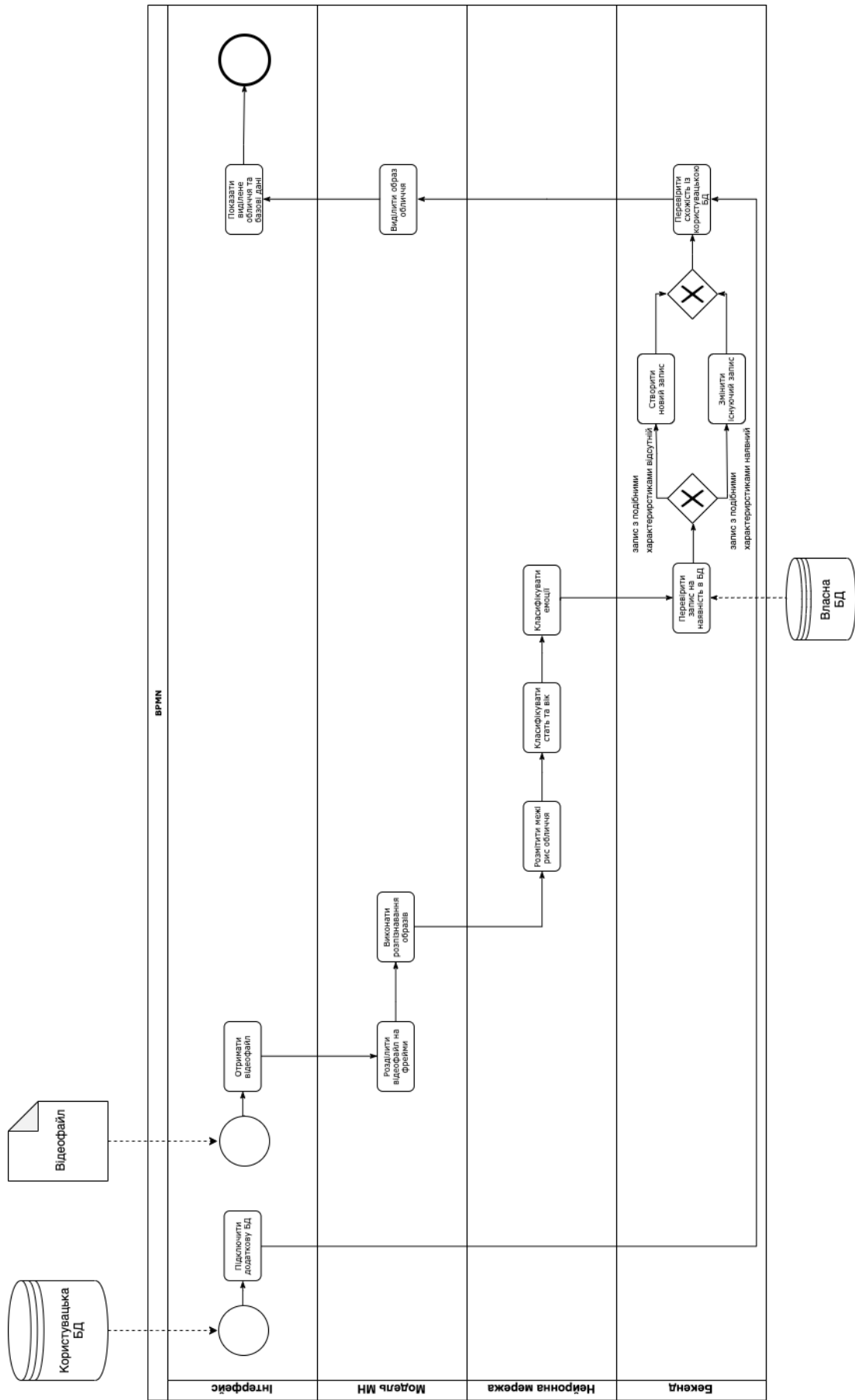


Рисунок 2.1 – Схема структурна бізнес процесів

Так як задача дослідження полягає у класифікації людини за її зовнішніми характеристиками, недостатньо просто вирішити задачу розпізнавання об'єкта — це є лише частиною даної роботи. Ще одна складова розробки — задача детекції об'єкта, тобто його визначення. Для того, щоб класифікувати особу, програмному забезпеченню необхідно знайти місцезнаходження її образу на зображенні та виокремити його в “Bounding box” — рамку, тобто знайти і виділити її координати.

У даному випадку система отримує цифровий файл із графічною інформацією, на виході від неї очікується унікальний ідентифікатор обличчя, клас, та його координати на фотографії. Це означає, що необхідно виконати розмітку даних на зображенні, знайти в датасеті координати образу кожної особи, як показано на рисунку.



Рисунок 2.1 – Приклад детекції об'єкта(зображення із kaggle.com)

Однак робити цю розмітку вручну - досить кропітка та довга робота, тому для прискорення та автоматизації було вирішено використати модель,

що вже натренована позиціонувати деякі класи об'єктів на зображенні, у тому числі і обличчя.

Прикладом роботи даної моделі є наступний рисунок.

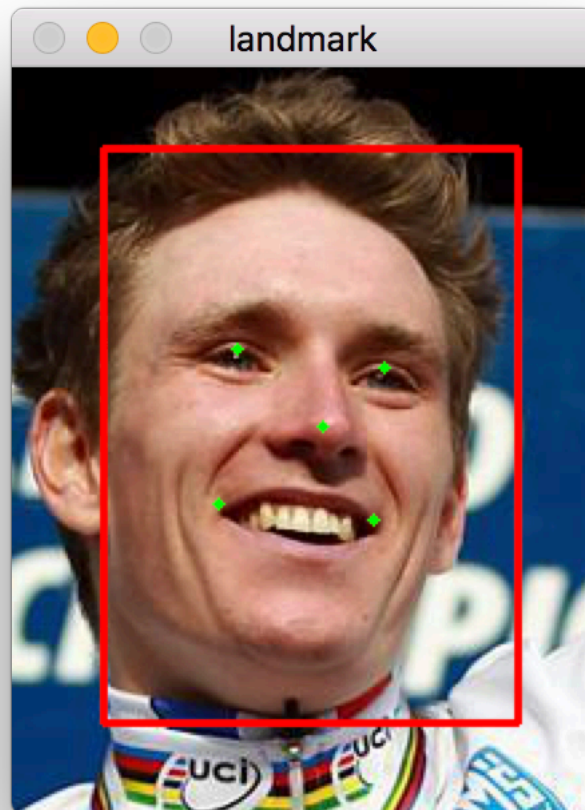


Рисунок 2.2 – Приклад ідентифікації об'єкта

Таким чином була виконана розмітка початкової вибірки, щоб вона підходила для рішення поставленої задачі.

Вимоги до формату даних є наступними — `object-class; x, y; width, height`, де:

- `object-class` - ідентифікатор обличчя із бази класів;
- `x` та `y` - координати центру рамки;
- `width` та `height` – виміри ширини та висоти рамки.

Для того, щоб покращити точність результатів роботи моделі, а саму модель – більш універсальною, необхідно виконати “train test split” вибірки. Це означає, що декомпозицію оригінальної вибірки на окремі датасети.

Для навчання моделі необхідна тренувальна вибірка, що за об'ємом займатиме приблизно 60-80% від загальної вибірки.

Валідаційна вибірка буде використана для поліпшення характеристики узагальнення. По завершенню епохи навчання, модель калібрується на цій вибірці. Вона складає 10-20% від загальної вибірки.

Тестова вибірка використовується лише для перевірки моделі. Точність на цій вибірці дає уявлення, наскільки коректно спрацював алгоритм навчання моделі та як наскільки вона є узагальненою, тобто чи зможе вона робити передбачення на нових даних. Зазвичай ця вибірка складає 10-20% від загальної вибірки.

Процес навчання моделі можна оптимізувати, використавши методи препроцесингу даних. Дана робота вирішує задачу, що стосується комп'ютерного бачення, але оскільки нам важливі лише координати рис обличчя, колір кадру не має великого значення. Кожен кадр можна конвертувати у чорно-білимй, що у разі зменшить кількість обчислень.

Такі прості дії прискорюватимуть навчання моделі, так як сходимість градієнтного спуску значно полегшується.

Що стосується інтеграції бази даних MongoDB, то для організації доступу до неї необхідно використати дистрибутив драйвера pymongo, оскільки основна мова програмування серверної частини – це Python. Для встановлення та налаштування pymongo на проекті використовується наявний від Python менеджер PIP.

Для подальшої роботи з власною БД створюється об'єкт MongoClient із посиланням на вірну ip-адресу, усі подальші дії виконуються через цей

клієнт. Надалі робота виконується за допомогою стандартних команд, що використовуються на документо-орієнтованих базах даних.

В якості графічного інтерфейсу було прийняте рішення використати стандартне виведення відеофайлу або кадру на екран, так як система не надає зовнішнього функціоналу для взаємодії з людиною. Термін “інтерфейс” у даній роботі набуває значення кінцевої точки роботи з даними, тобто їх приведення до зрозумілого людині виду та організація для передачі на інше ПЗ.

## 2.2 Конструювання програмного забезпечення

### 2.2.1 Методологія та підходи до розробки ПЗ

Розробка даного програмного забезпечення виконується згідно плану, наведеного у листі завдання з перерахованими сформованими вимогами та вказаними строками виконання робіт.

Процес роботи проходив за правилами методології гнучкої роботи над проектами, що забезпечувало ефективну роботу над проектом у сенсі планування та можливість мати готову до тестування частину роботи кожні два тижні розробки.

### 2.2.2 Мінімізація коду

Для мінімізації коду було прийняте рішення використовувати готові модулі повторно та здійснювати аналіз коду готових модулів.

### 2.2.3 Використані технології

Jupyter Notebook – це оупенсорс веб-додаток, що дозволяє опрацьовувати документи, які містять живий код, рівняння, візуалізацію та текст розповіді [16].

Sublime Text - це редактор файлів коду, розроблений Microsoft для Windows, Linux та macOS. Вона включає підтримку налагодження, вбудований контроль Git та GitHub та підсвічування синтаксису [17].

Python – об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня з строгою динамічною типізацією.

MongoDB - це міжплатформна програмна база даних, орієнтована на документи. MongoDB, класифікований як програма баз даних NoSQL, використовує JSON-подібні документи зі схемою.

PyTorch – широкодоступна програмна бібліотека для вирішення цілої низки задач машинного навчання.

OpenCV (комп'ютерне бачення з відкритим кодом) - це бібліотека функцій програмування, головним чином спрямованих на комп'ютерний зір у режимі реального часу.

#### 2.2.4 Системи контролю версій та організації коду

При плануванні середовища було прийняте рішення використати систему git, в якості центрального сховища якої було використано репозиторії, що безкоштовно надає сарвіс колаборативної розробки ПЗ GitHub.

### 2.3 Висновки до розділу

У ході роботи над даним розділом були ретельно проаналізовані функціональні вимоги та перелік варіантів використання, а також обов'язкова інформаційна архітектура для розроблюваної системи, була побудована схема бізнес процесів, яка чітко вказує на структуру програмного забезпечення, що дозволило спроектувати архітектуру даного ПЗ.

Також, планована робота була розділена на три частини проекту: серверна частина, модуль розпізнавання та інтерфейс для роботи з даними. Було прийняте рішення інтегрувати документо-орієнтовану базу даних до серверної частини, а також інкапсулювати нейронну мережу в модулі розпізнавання. Функціонал інтерфейсу при цьому запланований мінімальним.

Аргументи та детальні пояснення логіки функціонування частин проекту були наведені вище для загального розуміння функції кожної з частин та цілей розробки загалом.

Детальний опис та обґрунтування використаних архітектурних рішень для цих частин проекту наведений у наступному розділі.

### 3 АРХІТЕКТУРА НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

#### 3.1 Узагальнена архітектура системи

Розроблювану систему можна поділити на три підсистеми – серверна частина, модуль розпізнавання та інтерфейс для роботи з даними. Далі наведена структурна схема задач, що вирішує дана архітектура.

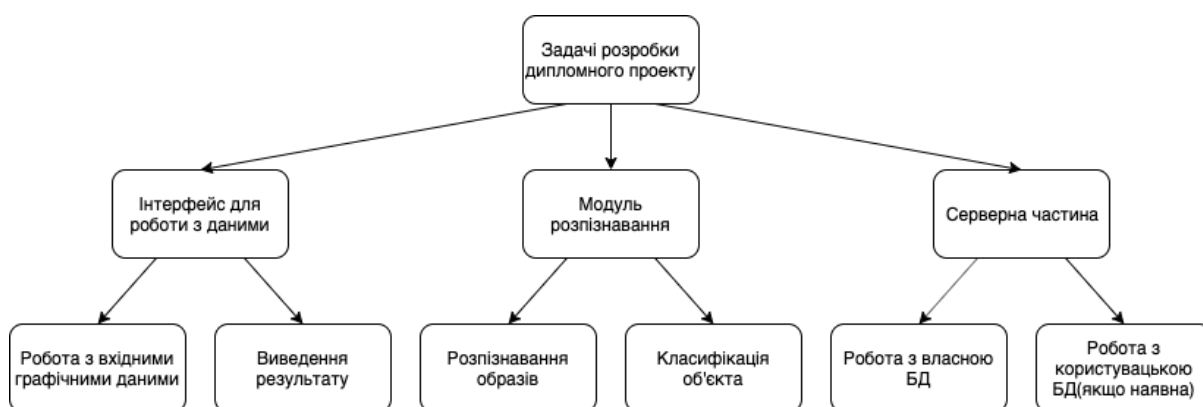


Рисунок 3.1 – Структурна схема задач архітектури

Модуль розпізнавання інкапсулює в собі моделі з нейронними мережами для розпізнавання образів облич та їх характеристик, а також модуль підготовки датасету.

Інтерфейс для роботи з даними відповідає за інформаційну архітектуру, котрою оперує система, розмітку цих даних та класифікацію. Зв'язком з іншими підсистемами у цьому модулі виступають строго класифіковані дані, що направляються до моделі для розпізнавання. Цей зв'язок дозволяє «навчити» модель розпізнавати людину на фото як об'єкт, обробляючи цю інформацію раз за разом, щоб отримати можливість класифікувати відповідні унікальні ознаки кожної особи для подальшого звіряння із уже відомими розміченими класами характеристик, що згадувались раніше.

На відміну від інтерфейсу для роботи з даними, що опрацьовує велику кількість зображень, модель для розпізнавання працює з єдиним кадром – вхідним даними, де характеристики зовнішності невідомі і метою підсистеми, як і усього продукту, є класифікувати признаки даної особи.

Дві вищезгадані підсистеми є прихованими від ока користувача і несуть лише обчислювальний сенс для програмного продукту. Також, від користувача прихована і серверна частина, що організовує доступ до власної бази даних, а також до користувацької, якщо надана.

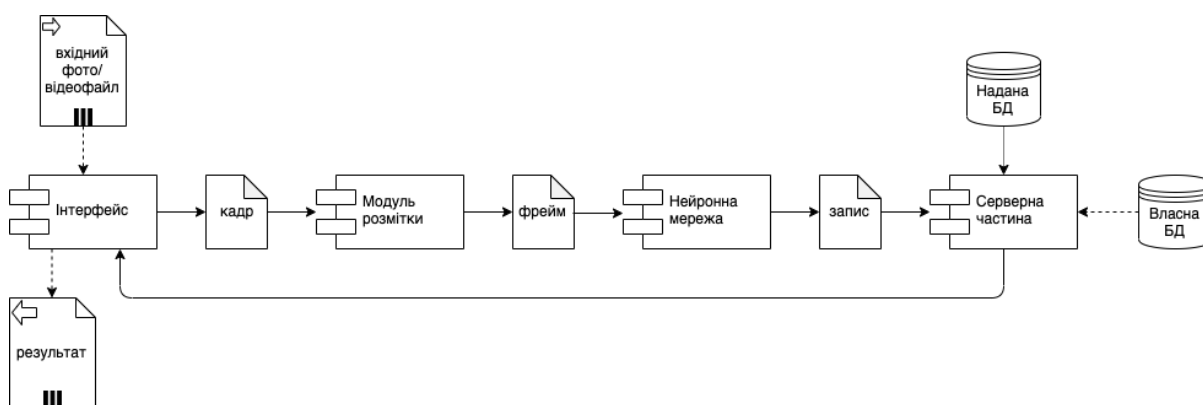


Рисунок 3.2 – Схема структурна компонентів системи

### 3.2 Модель розпізнавання та класифікації

У задачі класифікації і регресії потрібно визначити значення залежної змінної об'єкту, базуючись на значеннях інших змінних, що характеризують даний об'єкт. Формально задачу класифікації та регресії можна описати наступним чином. Маємо множину об'єктів:

$$I = \{i_1, i_2, \dots, i_i, \dots, i_n\},$$

де  $i_i$  – досліджуваний об'єкт. Спрощеним прикладом таких об'єктів може бути таблиця залежності відмінних характеристик рис обличчя осіб від їх походження.

Таблиця 3.1 – Таблиця залежності відмінних характеристик обличч

Форма	Пропорції	Тон шкіри	Колір очей	Волосся	Походження
Видовжена	Тонкі, видовжені	Блідий	Світлі – сірі та блакитні	Світле, пряме	Скандинавія
Прямокутна	Гострі, важкі скули	Засмаглий	Від карих до чорних	Темне, пряме	Азія(монголи)
Округла	Пласке обличчя, вузькі очі	Світлий, жовтуватий	Від карих до чорних	Чорне, пряме	Азія(Китай, Корея)
Округла	Мініатюрні риси, вузькі очі	Світлий	Від карих до чорних	Чорне, пряме	Азія(Японія)
Видовжена	Виражені риси	Засмаглий	Зелені, карі, чорні	Темне, курчаве	Середземномор'я

Кожен об'єкт характеризується набором змінних:

$$I_i = \{x_1, x_2, \dots, x_h, \dots, x_m, y\},$$

де  $x_h$  - незалежні змінні, значення котрих відомі і на основі котрих визначається значення залежної змінної  $y$ . У даному прикладі незалежними змінними є форма обличчя, колір очей та тип волосся. Залежною змінною є походження.

В Data Mining часто набір незалежних змінних визначають у вигляді вектора:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_h, \dots, x_m\}.$$

Кожна змінна  $x_i$  може приймати значення із деякої множини:

$$C_h = \{c_{h1}, c_{h2}, \dots\}$$

Якщо значеннями змінної є елементи скінченної множини, то кажуть, що вона має категоріальний тип. Наприклад, змінна “форма обличчя” прийматиме значення з множини значень {видовжена, округла, прямокутна, ромбовидна}.

Якщо множина значень  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_k\}$  змінної  $y$  – скінченна, то задача називається задачею класифікації. Коли ж змінна  $y$  приймає значення на множині дійсних чисел  $R$ , то задача називається задачею регресії.

Не дивлячись на те, що був описаний спосіб визначення значення залежної змінної функцією класифікації або регресії, він не обов’язково може бути виражений математичною функцією. Існують наступні основні види представлення таких способів: класифікаційні правила, дерева рішень і математичні функції [18].

### 3.2.1 Ідентифікація обличчя

Для моделі ідентифікації обличч була використана архітектура ArcFace[8] на тренувальному датасеті MS1M. Після вивчення декількох десятків публікацій та порівняльних тестів було визначено, що ArcFace стабільно перевершує найсучасніші технології і може бути легко реалізований з незначними обчислювальними витратами.

Останнім часом популярним напрямком досліджень є включення запасу(маржі) у добре встановлені функції втрат, щоб максимально забезпечити відокремленість обличчя. У ArcFace пропонується адитивна кутова втрата маржі, щоб отримати вкрай розрізнені риси розпізнавання

обличчя. Запропонований ArcFace має чітку геометричну інтерпретацію завдяки точній відповідності геодезичній відстані на гіперсфері. Дана архітектура представляє найбільш масштабну експериментальну оцінку всіх останніх сучасних методів розпізнавання обличчя на понад 10 орієнтирах розпізнавання облич, включаючи нову масштабну базу даних зображень з трильйонним рівнем пар і масштабним набором даних відео. Хоча оригінально ArcFace реалізовано за допомогою фреймворку Apache MXNet, при реалізації даної роботи була використана бібліотека PyTorch.

### 3.2.2 Розпізнавання статі та віку

Для визначення статі та віку виділеної особи, була використана модель з архітектурою MobileNet. Ідеєю цієї архітектури є можливість запускати мережі на найслабкіших пристроях, тому вона дає найкращі результати на невеликій кількості класів.

У даній роботі мережа для визначення статі має тільки два класи – чоловіча стать та жіноча. Класифікація віку відбувається по бінам – класам, що містять проміжки по 10 років. Тож, загалом, на обробку до даної мережі надходять файли, які зможуть бути розподілені на близько 10 класів, що є вкрай малою кількістю та незначним навантаженням, що ідеально підходить для роботи з MobileNet.

На рисунку 3.3 наведено спрощену схему будови цієї мережі.

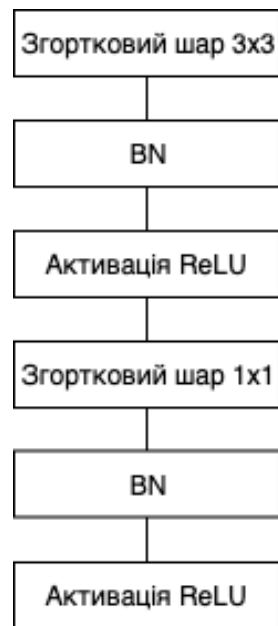


Рисунок 3.3 – Спрощена схема будови MobileNet

Згорткова частина мережі, що нас цікавить, складається з одного звичайного згорткового шару 3x3 на початку і тринадцяти блоків, зображених рисунку, з поступово зростаючою кількістю фільтрів і просторової розмірністю тензора, що знижується.

Дана архітектура особлива відсутністю max pooling-шарів. Замість них для зниження просторової розмірності використовується згортка з параметром stride, рівним 2 [11].

Двома гіперпараметрами архітектури MobileNet є множник ширини і множник глибини або множник дозволу.

Обидва параметра дозволяють варіювати розміри мережі: зменшуючи ці множники, ми знижуємо точність розпізнавання, але в той же час збільшуємо швидкість роботи і зменшуємо споживану пам'ять.

### 3.2.3 Розпізнавання емоційного стану

Для розпізнавання емоційного стану особи, чиє обличчя було виділене, було прийняте рішення використати модель з архітектурою ResNet на 18 шарів. Глибина цієї мережі дозволяє класифікувати об'єкти по

1000 класам, приймаючи на вхід зображення формату 224 на 224 на 3(де 3 – число каналів кольору).

Така кількість шарів відрізняється від звичної архітектури нейронних мереж і дає більші можливості та більш точні результати. Нейронні мережі такого типу називають глибинними, а область знань, пов'язану з ними – глибинним навчанням.

Загалом, глибинна нейронна мережа – це звичайна нейронна мережа з додатковими шарами, між якими в якості функцій активації виступають так звані функції ідентичності. Цих додаткових шарів може бути безліч, як і функцій, головне, щоб зберігався здоровий баланс між ресурсами, що їх мережа потребує для обчислень і точністю результатів.

Тож у більш глибокій мережі додаткові шари забезпечують краще наближення мапінгу, ніж у звичайних нейронних мережах, і зменшують дисперсійність помилки.

Із рисунку 3.3 видно, як саме влаштовані шари з вагами(згортки) та як саме застосовуються функції ідентичності.

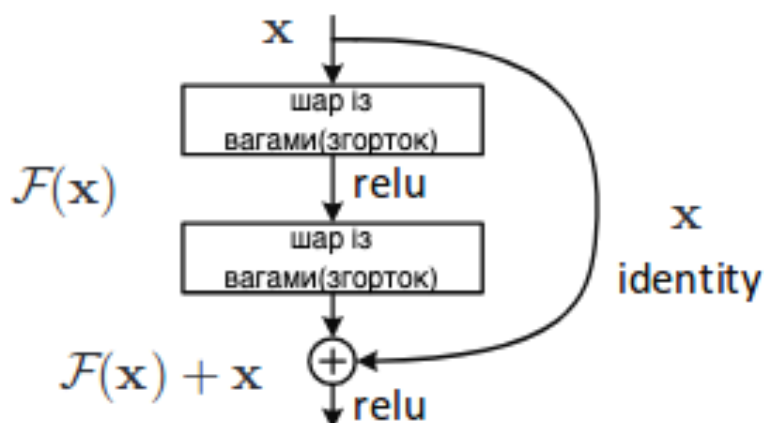


Рисунок 3.4 – Схема роботи глибинної залишкової нейронної мережі

Замість того, щоб напряду навчати модель використовувати функцію  $F(x)$  для мапінгу  $x$  на  $y$  (декілька послідовних нелінійних шарів), визначимо залишкову функцію за допомогою  $F(x) = H(x) - x$ , яку можна перетворити

в  $H(x) = F(x) + x$ , де  $F(x)$  і  $x$  являє собою складені нелінійні шари і функцію ідентичності (вхід = вихід) відповідно [10].

Якщо маппінг ідентичності є оптимальним, ми можемо з легкістю привести залишки до нуля ( $F(x) = 0$ ), ніж підводити до  $F(x) = x$ . Простою мовою дуже просто придумати рішення типу  $F(x) = 0$ , а не  $F(x) = x$ , використовуючи стек нелінійних шарів згорткової нейронної мережі в якості функції. Отже, ця функція  $F(x)$  - це те, що називається залишковою функцією.

### 3.3 Модель зберігання даних

При проектуванні програмного продукту було прийняте рішення використати MongoDB для зберігання даних.

MongoDB - це документо-орієнтована база даних, що означає, що вона зберігає дані в JSON-подібних структурах. Це один з найприродніших спосіб сприйняття та зберігання даних і набагато більш виразний та потужний, ніж традиційна реляційна модель. Оскільки використання даного рішення не потребує опису схеми таблиць, дані не потрібно нормалізувати, що значно пришвидшує розробку та підвищує зручність роботи з даними, що стосуються саме області знань машинного навчання.

Схема моделі бази даних наведена на рис. 3.3.

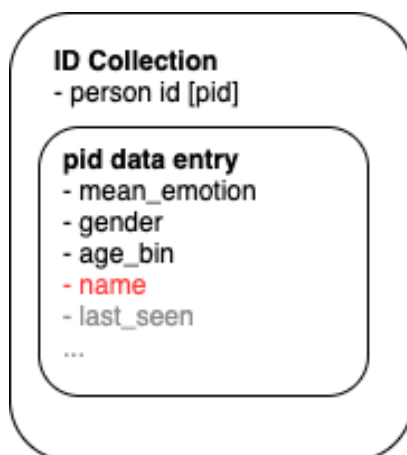


Рисунок 3.4 – Схема моделі бази даних

Маючи схему моделі бази даних, можна переконатись, що організація зберігання інформації про розпізнаних осіб дійсно дуже проста – наявний лише один рівень вкладеності, що спростить та пришвидшить пошук при звірванні з показниками інших БД, що можуть бути підключені зі сторони замовника ПЗ. Дана мінімалістична структура також дозволить масштабуватись горизонтально, тобто опрацьовувати відеофайли, де будуть присутні тисячі людей.

Детальніше про поля організації даних наведено у наступній таблиці.

Таблиця 3.3 – Опис структури збереження даних

Ідентифікатор	Опис	Коментар
pid(person id)	Унікальний ідентифікатор одного розпізнаного за характеристиками обличчя	Обов'язковий параметр
mean_emotion	Показник усередненої емоції(від 0 до 4)	Обов'язковий параметр
gender	Бінарний показник статі, де 0 – чоловіча, 1 – жіноча.	Обов'язковий параметр
age_bin	Бін віку, тобто система розпізнає вікову категорію у діапазоні 10 років, тож 0 – 0р до 10р, 1 – 10р до 20р, і т.д	Обов'язковий параметр

Продовження таблиці 3.3

Name	Запис імені особи, що була розпізнана із підключеної бази із даними про злочинців/небажаних осіб/зниклих і т.п	Обов'язковий параметр за умови, що підключена база для порівняння характеристик та розпізнана особа наявна в цій базі
other...	Перелік інших параметрів, що можуть бути підлаштовані під ту чи іншу предметну область	Не обов'язковий параметр

### 3.4 Висновки до розділу

Даний розділ ілюструє процес проектування архітектури нейронних мереж, що реалізовані у моделях розпізнавання. Було прийняте рішення реалізувати три моделі – кожна для рішення своєї підзадачі і кожна із особливою архітектурою, що найповніше задовольнятиме потреби системи.

Опис підкріплений представленими схемами та діаграмами для наочного звіту про виконану роботу щодо планування, проектування та реалізації програмного забезпечення.

Важливі архітектурні рішення щодо розробки додатку були математично-обґрунтовані, а також порівняні із можливими та допустимими.

Серед них – прийняте рішення щодо використання архітектури ArcFace для моделі ідентифікації обличчя, використання архітектури MobileNet для моделі класифікації статі та віку, використання архітектури ResNet18 для моделі класифікації емоційного стану.

Також були описані особливості проектування моделі бази даних та специфікація ідентифікаторів у структурі, рішення про організацію та координацію роботи над усіма частинами проекту.

## 4 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 4.1 Підбір метрик перевірки ефективності

Такий розділ теорії машинного навчання як комп'ютерне бачення найкраще характеризується показником точності розпізнаванні.

Для вимірювання точності класифікації та розпізнавання, реалізованих у розробленому програмному продукті, була використана метрика під назвою «*Recall*» [19].

Наступні рисунки добре пояснюють дану метрику.

		Reference variant set	
		Positive	Negative
Variants Called by the Algorithm	Positive	<p><b>True Positive (TP)</b> Correct variant allele or position call</p>	<p><b>False Positive (FP)</b> Incorrect variant allele or position call.</p>
	Negative	<p><b>False Negative (FN)</b> Incorrect reference genotype or no call.</p>	<p><b>True Negative (TN)</b> Correct reference genotype or no call.</p>

Рисунок 4.1 – Графічне пояснення метрики Recall

На рисунку 4.1 представлена матриця варіантів. На ній показано, усі варіанти результату роботи моделі – правильне передбачення і правильний результат, неправильне передбачення і правильний результат, правильне передбачення і неправильний результат, неправильне передбачення і неправильний результат.

Метрика, що нас цікавить легко рахується за цією матрицею.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

Наведена вище формула ілюструє значення метрики recall і чим вище її значення, тим краще. Вона дорівнює відношенню кількості правильних передбачень до суми правильних та неправильних передбачень при правильних результатах.

Також варто ввести таку метрику як коефіцієнт схожості. Коефіцієнт схожості – це безрозмірний показник схожості об'єктів, що порівнюються[11]. Використовується для визначення ступеня схожості будь-яких об'єктів, які за набором характеристик можуть бути порівняні. Більшість коефіцієнтів нормовані та знаходяться в межах від 0(схожість відсутня) до 1(повна схожість). Схожість та різниця взаємодоповнюють одне одного.

$$\text{схожість} = 1 - \text{різниця}$$

Для порівняння візьмемо коефіцієнт Жаккара:

$$K_J = \frac{c}{a + b - c},$$

де  $a$  – кількість характеристик для одного походження,  $b$  – кількість характеристик для іншого походження,  $c$  – кількість характеристик, що спільні для обох походжень.

В процесі математичної формалізації виник універсальний теоретико-множинний запис коефіцієнтів схожості, так, формула Жакара виглядатиме наступним чином:

$$K_J = \frac{n(A \cap B)}{n(A) + n(B) - n(A \cap B)} \text{ або } K_J = \frac{n(A \cap B)}{n(A \cup B)},$$

де  $A, B, C$  – аналогічні параметри.

Цей же коефіцієнт можна відобразити за допомогою таблиці спряженості Сокала та Сніта. Припустимо, система розпізнала тон шкіри

людини як світлий з веснянками, але до подібного опису підходить декілька класифікованих походжень: кельти, скандинави, південні африканці.

Таблиця 4.1 – Таблиця спряженості Сокала та Сніта

	Наявність веснянок: руді	Наявність веснянок: інші
Основний тон: блідий	a	b
Основний тон: інший	c	d

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  – вже розпізнані імовірності наявності характеристики походження, що розпізнається. У такому випадку, якщо параметр  $a$  матиме найбільшу імовірність, модель видасть результат, що людина на фото – ірландець/ірландка.

#### 4.2 Порівняння ефективності рішення

Для порівняння ефективності методів, що були використані при моделюванні та конструюванні програмного забезпечення, було прийняте рішення змоделювати аналогічні умови для подібних архітектур систем комп'ютерного бачення.

Для порівняльного тестування функціоналу були створені наступні умови:

- процесор Intel Core i7
- відеокарта Nvidia GeForce 1060 6 Gb
- RAM 16 Gb
- SSD 256 Gb

При порівняльному тестуванні функціоналу ідентифікації обличчя були враховані наступні особливості обраного рішення:

- датасет MS1M
- функція активації ReLU6

- функція втрат Additive Angular Margin Loss

Таблиця 4.2 – Таблиця результатів тестування рішення для ідентифікації особи

Метод	ArcFace	CosFace	SphereFace (3)	Light CNN- 29	SphereFace (1)	FaceNet
Рік	2018	2018	2017	2015	2017	2015
Точність	98.35%	82.72%	75.766%	73.75%	72.279%	70.49%

При порівняльному тестуванні функціоналу розпізнавання віку та статі були враховані наступні особливості обраного рішення:

- finetune моделі на датасеті IMDB Faces
- функція активації ReLU6

Таблиця 4.3 – Таблиця результатів тестування рішення для розпізнавання віку та статі

Версія	Рік	Топ 1 точність	Топ 5 точність
MobileNet V1	2017	70.9%	89.9%
MobileNet V2	2018	71.8%	91.0%

При порівняльному тестуванні функціоналу розпізнавання емоційного стану були враховані наступні особливості обраного рішення:

- відкритий датасет із Kaggle.com
- функція активації ReLU

Таблиця 4.4 – Таблиця результатів тестування рішення для розпізнавання емоційного стану

Версія	Рік	Топ 1 точність	Топ 5 точність
VGG16	2014	71.3%	90.1%
InceptionV3	2015	77.9%	93.7%
Xception	2016	79.0%	94.5%
ResNets	2015	80.3%	95.3%

Для реалізації розпізнавання емоційного стану можна було б використати ResNet версії на 34, 50, 101 або навіть 152 шари і показник точності був би вищим, але на даних апаратних можливостях довелося би пожертвувати обчислювальним часом, що було б нераціональним та неефективним рішенням, тому була використана найлегша з версій для реалізації.

### 4.3 Висновки до розділу

У процесі роботи над даним розділом були проаналізовані метрики, що можуть бути використані в якості оцінки ефективності роботи системи, був наведений їх огляд та пояснення.

Для остаточної оцінки ефективності роботи системи була використана метрика Recall6 що ілюструє точність розпізнавання та надає можливість виконати універсальну оцінку усіх трьох розроблених моделей розпізнавання.

Ефективність роботи реалізованих моделей та можливих аналогів була порівняна за абсолютно однакових умов, на аналогічних вибірках даних та одному і тому ж апаратному забезпеченні.

## 5 БІЗНЕС ПЛАН ІНОВАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ

Ідея проекту полягає у створенні автоматизованої системи розпізнавання осіб, а також їх зовнішніх характеристик. Таке програмне забезпечення стане у пригоді при організації систем безпеки у сфері масового обслуговування та інших місцях, де актуальне велике скупчення людей.

### 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Проаналізуємо зміст ідеї, її можливі напрямки застосування, відмінності від існуючих аналогів, а також основні вигоди, які може отримати користувач товару.

Результати аналізу представлені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Створення автоматизованої системи розпізнавання осіб, а також їх зовнішніх характеристик	1. Збір даних про візити	За допомогою цих напрямків застосування власники ТРЦ зможуть більш точно таргетувати пропозиції.
	2. Збір характеристик аудиторії	
	3. Розпізнавання окремих осіб	До системи можна підключити БД користувача і з допомогою порівняння виявляти небажаних осіб.

На ринку існують аналоги подібних систем, але більшість з них

розробляються лише для вирішення відповідної конкретної задачі, мають однонаправлену конвертацію. Ці аналоги в основному розроблені на території країн СНД, надто вартісні або за зменшеним функціоналом, а до деяких з них немає доступу без оплати підписки. До того ж розроблена автоматизована програмна система спроектована під цільову аудиторію вітчизняного ринку.

Тому доцільно проводити аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно з пропозиціями конкурентів.

Результат аналізу наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Визначення характеристик ідеї продукту

Техніко-економічні характеристики ідеї	Продукція конкурентів		Слабкі (W), нейтральні (N) та сильні (S) сторони		
	FindFace SDK	FindClone.ru			
Назва продукту	FindFace SDK	FindClone.ru			
Операційна система та версії	ОС Windows 7, 8, 10 (64 біт), Linux Ubuntu (64 біт)	Веб рішення		x	
Системні вимоги	Процесор з підтримкою AVX/ NVidia GPU з 6 Gb пам'яті, ~3.5Gb RAM	Підключення до мережі Інтернет		x	
Мови програмування	C/C++	невідомі			x
Необхідність встановлення додаткового ПЗ	Так, необхідний додатковий супровід	-			x

Програмний код проектованої системи буде доступний у відкритому репозиторію, потребуватиме підготовки середовища на пристрої перед запуском, потребуватиме підключення до мережі Інтернет.

Перевагами даної розробки є те, що більшість подібних програмних застосунків в світі створені для виключно комерційних цілей, ціни на такі програмні засоби зависокі, а також вони потребують постійної підтримки з боку сертифікованих спеціалістів.

## 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Для проведення технічного аудиту ідеї проекту, потрібно провести аудит технологій, за допомогою яких можна реалізувати ідею проекту. І для початку потрібно визначити можливість технологічної здійсненності проекту. Результат представлений у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології для реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Створення автоматизованої системи розпізнавання осіб, а також їх зовнішніх характеристик	Мова програмування Python, бібліотеки PyTorch та PyMongo, база даних MongoDB	Наявні	Доступні безкоштовно

Обрана технологія доступна, не потребує доробки, а також безкоштовна та надає усі необхідні можливості для реалізації поставленої задачі. Для розробки з використанням даної технології бажано мати машину з операційною системою Linux для можливості встановлення робочого середовища.

### 5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Для цього спочатку проводиться аналіз попиту (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку	Характеристика
Загальна потреба в продукції	Необхідна, але багатьма не признається (через фінансові вигоди)
Можливі річні обсяги випуску в натуральних показниках	До 300 повних підписок, до 1000 неповних підписок
Ціна одиниці продукції	\$299.99 (вартість підписки на рік)
Річні обсяги випуску в вартісних показниках	До \$89 997
Динаміка ринку(якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу	Специфічні запити щодо інтеграції
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Для ПЗ відсутні. Для коректної роботи - використання стандартів ISO 9126 та ISO 25010
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку)	83.7%

Надалі визначаються потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формується орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 5.5).

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають. Результати представлені у таблицях 5.6 та 5.7 відповідно.

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 5.9) - за моделлю п'яти сил М. Портера, яка вирізняє п'ять основних факторів, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції:

- конкурент, що вже є у галузі;
- потенційні конкуренти;
- наявність товарів-замінників;
- постачальники, що конкурують за ринкову владу;
- споживачі, які конкурують за ринкову владу.

Таблиця 5.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Особливості поведінки споживачів	Вимоги споживачів до товару
Розпізнавання та перевірка облич	Працівники сфери безпеки	Даній групі необхідно забезпечити точність та гарантовані результати, також рішення має працювати безперебійно.	- безперебійна робота; - точність результатів; - надійність рішення;

Продовження таблиці 5.5

Розпізнавання характеристик зовнішності	Менеджери об'єктів сфери обслуговування	Дана група потребує точного розпізнавання таких характеристик як частота відвідувань, вік та стать, емоційний стан клієнтів.	- варіативність послуг; - «масовість» рішення; - можливість обробляти великі масиви інформації.
---	---	--	---

Таблиця 5.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Поява конкурентів	Можлива поява конкурентів, які спроможуться створити повний продукт. Можлива поява більш дешевих продуктів.	Зменшення ціни з підвищенням якості при цьому, розробка удосконалень, розширення функціоналу, розробка нових маркетинг-проектів.
Зміни тенденцій ринку	Можлива ситуація, в якій з'явиться більш досконала програмна система від конкурентів, які значно довше на ринку.	Розробка нових сучасних необхідних удосконалень, тобто додання або заміна старого функціоналу на можливості розрахунку нових параметрів.

Продовження таблиці 5.6

Зниження репутації компанії	Можлива ситуація, коли конкуренти спроможуться на більший попит.	Зміна партнерів, заключення нових контрактів, проведення рекламних та промо-акцій.
Економічний спад	Відсутність попиту на товар компанії через економічну складову.	Збільшення обсягів продажів, зменшення ціни; зміна цільової аудиторії.

Таблиця 5.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Невелика кількість конкурентів	На ринку на сьогоднішній день значна кількість конкурентів, проте їх програмні продукти в переважній більшості вузько спеціалізовані або мають іншу локалізацію.	Розповсюджувати створений продукт, розвивати його можливості серед місцевих користувачів.
Відповідні тенденції ринку	ІТ-ринок на сьогоднішній день потребує, а відповідно і надає всі можливості для впровадження систем, які покращуватимуть безпеку сфери мас. обслуговування.	Розповсюджувати створений продукт, розвивати його можливості, додавати новий функціонал.

## Продовження таблиці 5.7

Можливість побудови власної репутації	Новий «гравець» на ринку має всі можливості для побудови власної репутації з «чистого листка»	Пошук замовників, можливих покупців створеного продукту, розширення бази замовників. Зарекомендувати себе, як надійну компанію. Можливо на вигідних умовах співпраці.
---------------------------------------	---	---

Надалі проводиться аналіз пропозиції – визначаються загальні риси конкуренції на ринку(таблиця 5.8): визначаються тип можливої майбутньої конкуренції та її інтенсивність, рівень конкурентоспроможності за рівнем конкурентної боротьби, видами товарів і галузевою ознакою.

Таблиця 5.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	У чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства(можливі дії компанії)
Тип конкуренції	Залежить від кількості конкурентів та якості надання ними послуг у порівнянні за послугами компанії.	Покращення власного продукту через зниження ціни та підвищення якості.

Продовження таблиці 5.8

За рівнем конкурентної боротьби	Локальна конкуренція на вітчизняному ринку, світова конкуренція.	На вітчизняному ринку конкурентів мало, а тому встановлення власної бажаної ціни, та наробляти клієнтську базу. Перспектива – вихід на міжнародний рівень.
За галузевою ознакою	Загальногалузева Продукт може бути використаний у різних сферах діяльності.	Немає можливостей та сенсу розширювати функціонал за межі ІТ-сфери, але все ще існує багато варіантів розвиватись всередині неї.
Конкуренція за видами товарів	Марки-конкуренти Створений товар може мати конкурентів, які пропонують аналогічний товар	Зниження ціни, розширення функціональних, безплатне встановлення в державних закладах (задля популяризації методу)

Продовження таблиці 5.8

За характером конкурентних переваг	Цінова Важливо за скільки продається товар, та скільки з нього прибутку	Можливе підвищення ціни на новий функціонал, зниження ціни на старі версії підписки для заохочення покупців у порівнянні з цінами конкурентів.
За інтенсивністю	Марочна Можуть з'являться конкуренти.	При виході на ринок потрібно рекламувати кращий функціонал створеного продукту, встановлювати конкурентоспроможні ціни, та доводити свою надійність.

На основі аналізу конкуренції, проведеного у таблиці 5.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 5.2), вимог споживачів до товару (таблиця 5.5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 5.6 і 5.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблицею 5.9, обґрунтування факторів за таблицею 5.10.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 5.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Клієнти	Товари замітники
Складові галузі	Розробники аналогічних систем	Кращі продукти, менші ціни	Мають найбільше значення. Більш важлива їх кількість, аніж постійна співпраця	Відсутні. Є лише конкуренти аналогічних розробок
Висновки	Інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів незначна	Наявні усі можливості входу на ринок. Потенційні конкуренти не виявлені. Строки виходу на ринок – місяць	Необхідність клієнтської-бази, тому важливо знаходити можливості приваблення споживачів до власного продукту	Немає обмежень

Таблиця 5.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
Невелика кількість конкурентів на ринку	На вітчизняному ринку, на який для старту націлена розроблена система, конкурентів мало.
Доступність створеного продукту (програмно)	Кращі системні можливості забезпечать швидші та більш точні результати.
Легкість і простота використання	Простий зрозумілий інтерфейс, створені довідка та інструкція для користувача.
Підключення до мережі Інтернет	Немає потреби у постійному підключенні до мережі Інтернет, хоча для коректної роботи все ж варто.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (Strength, Weak, Opportunities, Troubles) (таблиця 5.11) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін.

Таблиця 5.11 – SWOT-аналіз проекту

<p>Сильні сторони (S):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- невелика кількість виконавців;</li> <li>- невелика кількість працівників;</li> <li>- гнучкий устрій команди;</li> <li>- інноваційні технології;</li> </ul>	<p>Слабкі сторони (W):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- брак контент-менеджменту;</li> <li>- недостатньо оборотних коштів;</li> <li>- відсутність репутації компанії;</li> </ul>
--	--

Продовження таблиці 5.11

<p>Можливості (О):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- додаткові послуги;</li> <li>- вихід на нові ринки;</li> <li>- розширення клієнтської бази;</li> <li>- співробітництво з іншими компаніями;</li> </ul>	<p>Загрози (Т):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- поява нових конкурентів;</li> <li>- зміни тенденцій попиту;</li> <li>- зниження репутації компанії;</li> </ul>
---	---

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки(перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 5.12).

Таблиця 5.12 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Вихід на нові ринки	Пошук інвесторів	1-4 місяців, зміна локалізації
Розширення клієнто-орієнтованого функціоналу	Пошук інвесторів	Після виходу на ринок основного продукту, до 6 місяців

Спочатку необхідно вивести на основний ринок розроблену систему, а вже потім шукати можливості розширення програмного функціоналу для користувачів.

#### 5.4 Розроблення ринкової стратегії

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів, які визначені у таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в сегменті	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Робітники служб організації безпеки	Потребують	Попит є, проте нижчий ніж у менеджерів	Незначна	Помірно
Менеджери об'єктів сфери масового обслуговування	Потребують	Попит є	Присутня	Помірно

Які цільові групи обрано: оскільки різниця між цільовими групами зовсім незначна, а також враховуючи той факт, що компанія має бажання почати продажі (а відповідно і отримання прибутку) якомога швидше, то доцільно враховувати усі цільові групи, тобто використовувати масовий маркетинг, пропонуючи стандартизовану програму.

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка визначається у таблиці 5.14.

Вибір стратегії конкурентної поведінки визначається у таблиці 5.15.

Таблиця 5.14 - Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
Вихід на нові ринки	Стратегія спеціалізації	Надання товару із варіативністю локалізації	Стратегія диференціації
Розширення клієнто-орієнтованого функціоналу	Стратегія диференціації (допускається стратегія спеціалізації)	Надання товару відмінних якостей, які роблять систему особливою на фоні аналогічних розробок	Стратегія диференціації (допускається стратегія спеціалізації)

Таблиця 5.15 - Визначення базової конкурентної поведінки

Чи є проект «першопроходцем» на ринку	Так, на локальному.
Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Обидва варіанти
Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Так, розпізнавання емоцій, а також наявності бороди та окулярів
Стратегія конкурентної поведінки	Стратегія виклику лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової

стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 5.16), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку або проект.

Таблиця 5.16 - Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту
Доступна ціна, простота і зручність використання, універсальність	Стратегія диференціації	Вирішення важливих поставлених задач швидко, легко та зрозуміло навіть без інструкцій. Легкість і простота у використанні. Доступність через ціну та технічні характеристики	– стандарти якості – метрики ПЗ – ASQAS - automated system of quality assessment software

Результатом є узгоджена система рішень щодо ринкової поведінки стартап-компанії, яка визначатиме напрями роботи стартап-компанії на ринку.

Отже, робота стартап-компанії на ринку повинна бути спланована орієнтовано таким чином: за стратегією диференціації виконаний і буде поширюватись товар відмінний за властивостями від своїх аналогів, дотримуючись у конкурентній поведінці стратегії «виклику лідера», тобто випускається один товар для усіх можливих споживачів.

Далі наведена розроблена трирівнева маркетингова модель товару: уточнюються ідея продукту, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 5.18).

#### 5.5 Розробка маркетингової програми стартап проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 5.17 підсумовані результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.17 - Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
Оцінка якості ПП	Оцінка за 4 метриками. Удосконалення оцінки будь-якої з обраних характеристик.	Розрахункові показники, точність та достовірність яких можна оцінювати; кількість вхідних параметрів; самостійність програмної системи.

Таблиця 5.18 - Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові
Товар за задумом	<p>Робота з вхідними фото та відеоматеріалами.</p> <p>Ідентифікація обличчя з кадру.</p> <p>Виділення біометричного шаблону.</p> <p>Запис даних про появу до бази даних.</p> <p>Перевірка запису на наявність у користувацькій БД.</p>
Реалізований товар	<p>Реалізовано роботу з вхідними фото та відеоматеріалами.</p> <p>Реалізовано ідентифікація обличчя з кадру.</p> <p>Реалізовано виділення біометричного шаблону.</p> <p>Реалізовано запис даних про появу до бази даних.</p> <p>Реалізовано перевірку запису на наявність у користувацькій БД.Перевірена точність розрахунків.</p>
	Якість: тестування пройшло задовільно
	До продажу: стандартна розроблена система (модуль «Ідентифікація особи» та модуль «Розпізнавання біометричного шаблону»)
	Після продажу: додані додаткові можливості, збільшення споживчої бази.

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: від копіювання потенційний товар захистити не складає проблеми. Розроблена математична модель ідентифікації особи та розпізнавання біометричного шаблону, на якій базується програмна система, публікувалась лише у загальних рисах, а без математичної моделі цей ПП лише набір рядків коду.

Визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар, яке передбачає аналіз ціни на

товари-аналоги, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів описано в таблиці 5.19.

Таблиця 5.19 - Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-аналоги(на річну підписку)	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни
\$200 – 2500	\$3000 – 17000	\$200 – 700

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 5.20): проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників, вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту, вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 5.20 - Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Бажання отримати більше за менші гроші але готові платити більше за вищу якість	Залучення клієнтської бази та продаж	Нульовий рівень: тільки виробник	Вертикальна маркетингова система

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 5.21).

Таблиця 5.21 - Концепція маркетингових комунікацій

Поведінка цільових клієнтів	Канали комунікацій цільових клієнтів	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення
Бажання отримати більше за менші гроші	Будь-які, але бажано з великою кількістю візуального контенту	Низька ціна Широкий вибір функціоналу Легкий і простий у використанні та інтеграції продукт	Донести до користувача суть продукту, його якість, та залучити якомога більше зацікавлених клієнтів

### 5.6 Економічне обґрунтування розробки

У даному підрозділі наведено економічне обґрунтування створення даного проекту: загальні витрати на розробку, супровідні витрати, можливі джерела інвестицій, строки та умови повернення займаних коштів.

З метою реалізації проекту організовується ФОП, форма оподаткування ЄСВ, ставка 5%, об'єкт оподаткування - «доходи мінус витрати». Процес реалізації можна розбити на два етапи: підготовчий і операційний. До підготовчого відноситься підбір персоналу, організація робочих місць, проплата ліцензій на програмне забезпечення.

Таблиця 5.22 - Загальні витрати на розробку

Позиція	Необхідний строк задіяності на проекті	Заробітна плата(\$\міс)
Проектний менеджер	6 місяців	2000
Фул-стек розробник/Архітектор	4 місяців	1800

Продовження таблиці 5.22

Тестувальник	2 місяці	350
Маркетолог	6 місяців	500
<b>Всього:</b>	6 місяців	<b>22 900</b>

Із таблиці 5.22 бачимо, що загальний час на розробку – 6 місяців, з яких 2 перших місяці займатиме планування архітектури та розробка маркетинг-плану продукту. Із 3го місяця починатиметься розробка програмного продукту. Із 4го місяця запланований початок тестування.

Далі наведена таблиця із супровідними витратами, необхідними на час розробки проекту.

Таблиця 5.23 - Супровідні витрати

Позиція	Необхідний строк задіяності на проекті	Вартість
Оренда приміщення	6 місяців	2400
Оренда офісних меблів	6 місяців	1200
Технічне забезпечення	-	4000
Програмне забезпечення	6 місяців	1200
Офісне приладдя	-	200
Логістика	6 місяців	300
Реклама та просування	-	12 000
Форс-мажорні витрати	6 місяців	1800
<b>Всього:</b>	6 місяців	<b>23 100</b>

Маючи інформацію про необхідні матеріальні та нематеріальні активи, а також про очікувані річні обсяги збуту створеного продукту із таблиці 1.4, отримуємо наступні дані

Обсяг інвестиційних витрат – 46 000 у.о., з яких власні кошти ініціатора проекту – 10 000 у.о.. Нестачу коштів планується покрити за допомогою залучення банківського кредиту на термін 48 місяців зі ставкою 14% річних. Кредитні канікули три місяці. Виплата здійснюється ануїтетними платежами.

## 5.7 Висновки до розділу

Отже, ринкова (маркетингова) програма орієнтовано має бути побудована таким чином:

- розробка продукту;
- вибір сегменту ринку та пошук клієнтів;
- стратегія розвитку – стратегія розподіленості, тобто формування конкурентоспроможності досягається шляхом надання споживачу товару, якого той потребує. На основі детального вивчення середовища споживання розробляється одна або декілька особливих характеристик власного товару;
- стратегія конкурентної поведінки – стратегія виклику лідера, тобто на споживчому ринку націлюватись на всіх можливих споживачів, у тому числі клієнтів фірм-конкурентів. Така стратегія будується за принципом «йти слідом» за лідером ринку. За наступні цілі ставиться можливість обійти лідерів цільового сегменту.

Стан та динаміка ринкового середовища на сьогоднішній день і ще багато років є і будуть залишатись сприятливими для впровадження розробленої системи, а також для її необхідності.

Конкурентні переваги створеного продукту очевидні. На вітчизняному ринку аналогів майже не існує, а існуючі – вкрай низької якості. На міжнародному ринку конкуренція наявна та буде рости, якщо не підтримувати та не розвивати свій продукт.

Також, після проведення аналізів можливого цільового сегменту (споживачів), потреб споживачів та можливого попиту, динаміки ринку та рентабельності роботи на ринку, можна однозначно зробити висновок, що створений проект доцільний до комерціалізації.

Перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції та конкурентоспроможності проекту

– прямі, і тільки доводять можливість впровадження, та не марну розробку створеного продукту.

## ВИСНОВКИ

У ході роботи над даним дослідженням були вирішені наступні задачі:

- був проведений аналіз аналогічних програмних рішень, що дозволило оцінити продукти, наявні на ринку та їх ефективність, а також підтвердити гіпотези щодо планованого функціоналу розробленого програмного продукту;

- був проведений аналіз аналогічних технічних рішень, що дозволило оцінити слабкі та сильні сторони кожного варіанту, а також їх цінність в контексті роботи над даним програмним продуктом;

- був проведений підбір найбільш ефективного рішення, а саме прийняте рішення реалізувати три моделі розпізнавання — кожна для вирішення своєї підзадачі: ідентифікація об'єкта, отримання біометричного шаблону та розпізнавання настрою особи;

- були реалізовані нейронні мережі для даних моделей;

- був виконаний пошук та підбір найбільш повних та якісних вибірок для тренування та підлаштування моделей розпізнавання;

- було проведене тренування на тренувальних та валідаційних вибірках;

- були проведені експерименти з моделями на тестових вибірках даних;

- була проведена оцінка ефективності реалізованого рішення, в ході якої даний програмний продукт порівнювався з аналогічними архітектурами нейронних мереж в аналогічних умовах;

- був розроблений план просування та розвитку іноваційного проекту та проведені відповідні фінансові розрахунки.

Для опису та звітності про виконану роботу були:

- спроектовані схеми та таблиці для ілюстрації проведеного дослідження та реалізованого програмного продукту;
- наведені та обгрунтовані архітектурні рішення у тексті даної пояснювальної записки;
- наведені способи оцінки ефективності роботи даного рішення;
- наведені результати оцінки ефективності роботи даного рішення;
- надані стислі висновки до кожного з розділів;
- прикріплені додатки з графічним матеріалом та кодом програми.

Загалом, реалізований програмний продукт відповідає розробленим та викладеним у документації вимогам. Моделі розпізнавання у поєднанні із модулем розмітки та інтерфейсом роботи з даними стабільно працюють та відповідають своєму призначенню, вирішуючи поставлені задачі насамперед для користувача.

Проведення даного дослідження охопило знання та навички із низки дисциплін, опанованих за 1.5 роки навчання в університеті на отримання кваліфікації магістра. Це свідчить про те, що пройдена програма навчання, як і отримані знання, є якісними та фундаментальними для роботи за обраною спеціальністю.

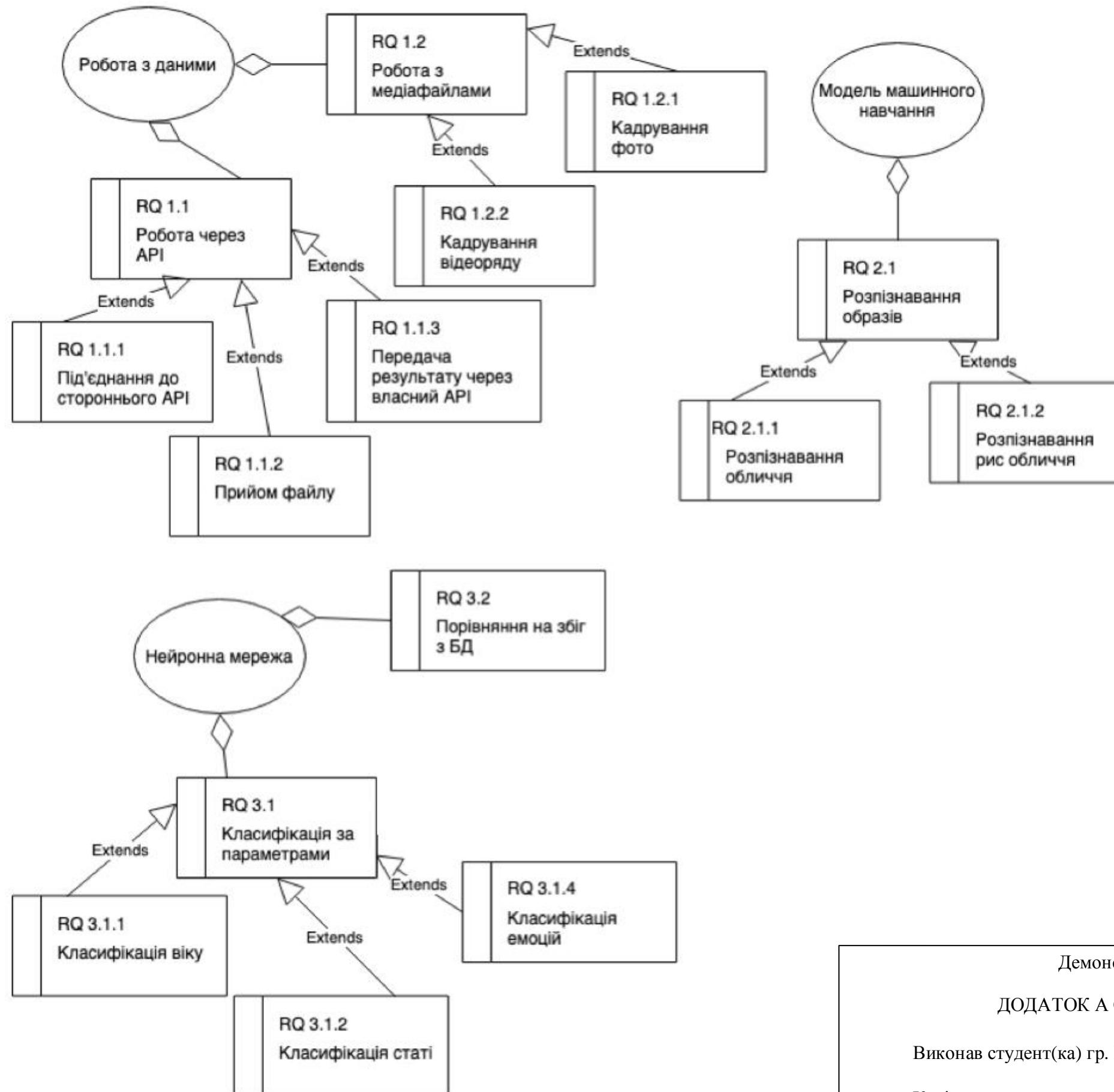
## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1) Машинне навчання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B5\\_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%BD%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F).
- 2) Основні поняття розпізнавання образів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[http://om.univ.kiev.ua/users\\_upload/15/upload/file/pr\\_lecture\\_01.pdf](http://om.univ.kiev.ua/users_upload/15/upload/file/pr_lecture_01.pdf).
- 3) Convolutional Neural Network [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional\\_neural\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Convolutional_neural_network).
- 4) Data Mining [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F\\_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%85](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B1%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%85).
- 5) Application Programming Interface [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Application\\_programming\\_interface](https://en.wikipedia.org/wiki/Application_programming_interface).
- 6) Інтелектуальний аналіз даних [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://evgavrilenko.ucoz.ru/index/lekciji/0-143>.
- 7) Коефіцієнт подібності [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82\\_%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%B5%D1%84%D1%96%D1%86%D1%96%D1%94%D0%BD%D1%82_%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96).

- 8) ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://arxiv.org/pdf/1801.07698v3.pdf>.
- 9) (Deep) Convolutional Neural Network (DCNN/CNN) [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [http://primo.ai/index.php?title=\(Deep\)\\_Convolutional\\_Neural\\_Network\\_\(DCNN/CNN\)](http://primo.ai/index.php?title=(Deep)_Convolutional_Neural_Network_(DCNN/CNN)).
- 10) CNN Architectures [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://medium.com/analytics-vidhya/cnns-architectures-lenet-alexnet-vgg-googlenet-resnet-and-more-666091488df5>.
- 11) Inception, ResNet, MobileNet [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://medium.com/@fransiska26/the-differences-between-inception-resnet-and-mobilenet-e97736a709b0>.
- 12) Various Types of Convolutional Neural Network [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://towardsdatascience.com/various-types-of-convolutional-neural-network-8b00c9a08a1b>.
- 13) Computer Vision — A journey from CNN to Mask R-CNN and YOLO [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://towardsdatascience.com/computer-vision-a-journey-from-cnn-to-mask-r-cnn-and-yolo-1d141eba6e04?>.
- 14) Review: MobileNetV1 — Depthwise Separable Convolution (Light Weight Model) [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://towardsdatascience.com/review-mobilenetv1-depthwise-separable-convolution-light-weight-model-a382df364b69>.
- 15) ResearchGate comparison [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.researchgate.net/figure/a-Resnet-architecture-b-MobileNet-V2-architecture-c-DenseNet-architecture-d\\_fig1\\_328652206](https://www.researchgate.net/figure/a-Resnet-architecture-b-MobileNet-V2-architecture-c-DenseNet-architecture-d_fig1_328652206).

- 16) Jupyter Notebook [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://jupyter.org/>.
- 17) Sublime Text [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sublime\\_Text](https://en.wikipedia.org/wiki/Sublime_Text).
- 18) Мобільний додаток для визначення породи собак по зображенню. Загальна частина [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://drive.google.com/file/d/1pR\\_AyUXx1bHmvaT\\_I--Wp2jSaMs4-AjR/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1pR_AyUXx1bHmvaT_I--Wp2jSaMs4-AjR/view?usp=sharing).
- 19) Мобільний додаток для визначення породи собак по зображенню. Модель машинного навчання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
<https://drive.google.com/file/d/1P7KuLlNPDwSxWq0jZTOGwRkuca-LIhsB/view?usp=sharing>.
- 20) Мобільний додаток для визначення породи собак по зображенню. Інтерфейс користувача [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:  
[https://drive.google.com/open?id=1M\\_n5JdzHXMkjjNsb5aXn7MxJh2O1OQ2Q](https://drive.google.com/open?id=1M_n5JdzHXMkjjNsb5aXn7MxJh2O1OQ2Q).

# ДОДАТОК А Схема структурна моделі функціональних вимог



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації

ДОДАТОК А Схема структурна моделі функціональних вимог

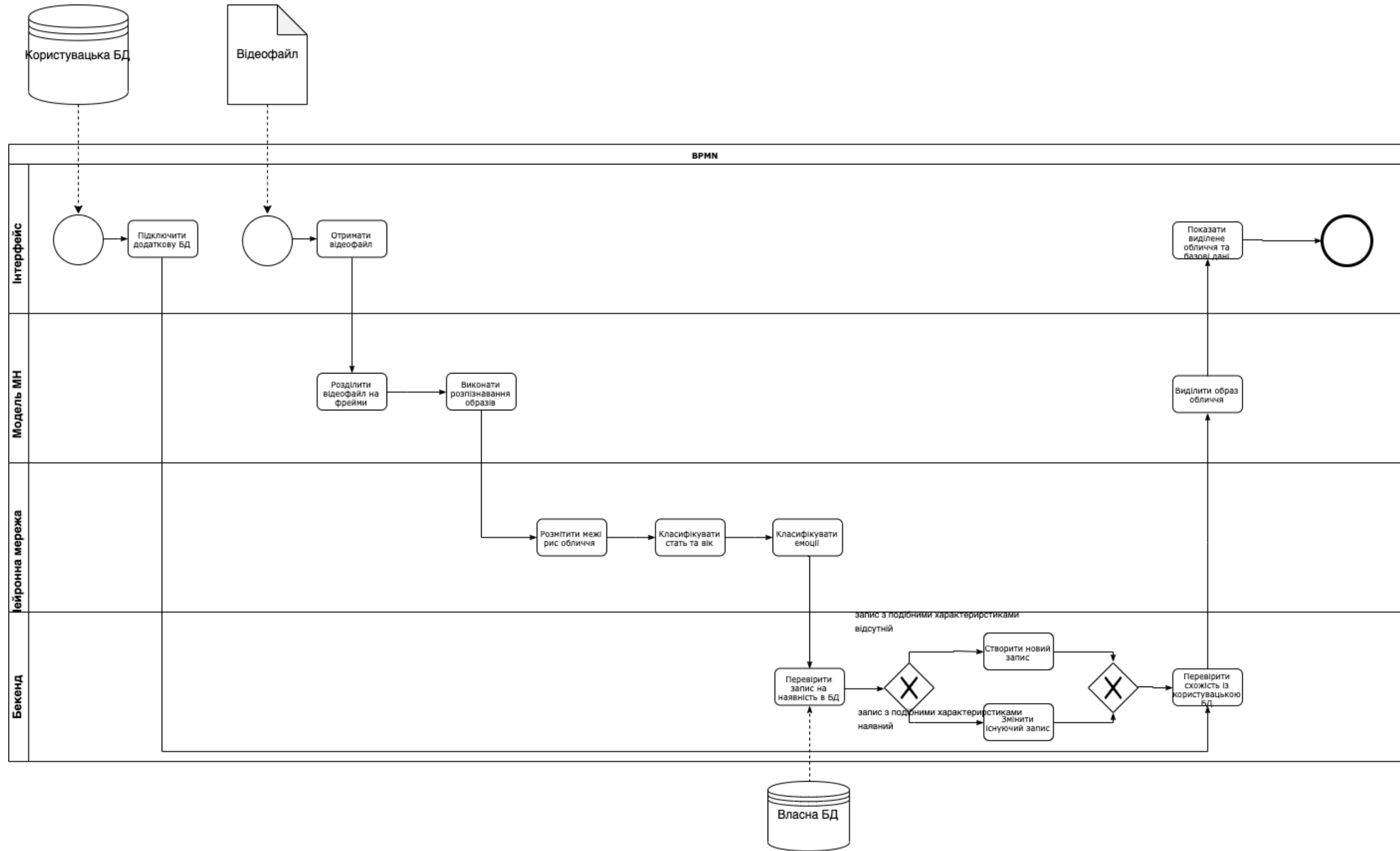
Виконав студент(ка) гр. ІІІ-82мп

Савченко В.В.

Керівник

Гавриленко О.В.

# ДОДАТОК Б Схема структурна бізнес процесів



Демонстраційний плакат до магістерської дисертації

ДОДАТОК Б Схема структурна бізнес процесів

Виконав студент(ка) гр. ІІІ-82мп

Савченко В.В.

Керівник

Гавриленко О.В.