

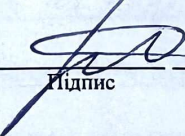
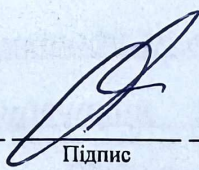


КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами
глибокого навчання

Галузь знань 12 – Інформаційні технології
Шифр і назва галузі знань
Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки
Шифр і назва спеціальності
Освітня програма Комп'ютерні науки
Назва освітньої програми

Виконала: студентка групи КН-21-2  Марія ТИМЧУК
Група виконавця Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник: док.філ., ст. викл. каф. КН  Павло РАДЮК
Науковий ступінь, посада Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Нормоконтроль: к.т.н., доц. каф. КН  Руслан БАГРІЙ
Науковий ступінь, посада Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри КН, д.т.н., професор  Олександр БАРМАК
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

09 06 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних наук

Освітній ступінь бакалавр

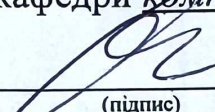
Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

AstraKoza_7.1

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри комп'ютерних наук



(підпис)

д.т.н., професор Олександр БАРМАК

« 10 » 02 2025 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання»

2. Завдання видано студентці Марії Тимчук
(Ім'я, прізвище)

3. Керівник роботи старший викладач кафедри КН Павло Радюк
(посада, ім'я, прізвище)

4. Затверджено наказом університету від « 07 » 02 2025 р. № 22

5. Дата видачі завдання студенту: « 10 » 02 2025 р.

6. Зміст пояснювальної записки (перелік задач) та вихідні дані:

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – покращення процесу розпізнавання фасонів весільних суконь на зображеннях через проектування відповідного методу засобами глибокого навчання, зокрема, нейромережевої моделі YOLOv8s. У роботі передбачено проведення аналізу сучасних алгоритмів, засобів і підходів до розпізнавання зображень у контексті класифікації одягу. Наступним кроком є проектування методу розпізнавання фасонів суконь із використанням засобів глибокого навчання. Робота включає створення вебсервісу, що реалізує запропонований метод, а також проведення експериментального тестування функціональності системи на еталонних наборах даних.

7. Календарний план виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

№	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання	Примітка
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи бакалавра з керівником, складання календарного графіка виконання	січень 2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю, формулювання мети і задач дослідження, визначення об'єкта та предмета дослідження	лютий 2025	виконано
3	Проектування та розроблення методу вирішення завдання, загальної архітектури програмного забезпечення, інтерфейсу користувача, вибір засобів реалізації програмного забезпечення	березень 2025	виконано
4	Створення та тестування програмного забезпечення, дослідження ефективності, висновки з виконаної роботи	квітень 2025	виконано
5	Написання пояснювальної записки, урахування зауважень керівника, оформлення згідно з вимогами	травень 2025	виконано
6	Розробка презентаційних матеріалів та попередній захист кваліфікаційної роботи	травень 2025	виконано
7	Отримання відгуку керівника, рецензії, перевірка на плагіат, нормоконтроль	червень 2025	виконано
8	Підготовка до захисту та захист кваліфікаційної роботи	червень 2025	виконано

Виконавець: студентка групи КН-21-2

Група виконавця




Підпис

Марія ТИМЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: док.філ., ст. викл. каф. КН

Науковий ступінь, посада



Підпис

Павло РАДЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання»

Виконавець кваліфікаційної роботи бакалавра: студентка групи КН-21-2
Марія ТИМЧУК

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра: доктор філософії, старший
викладач кафедри КН Павло РАДЮК

Кваліфікаційна робота бакалавра містить:

Пояснювальна записка				Кількість додатків
Сторінок	Рисунків	Таблиць	Джерел інформації	
45	29	4	45	2

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягала у покращенні процесу розпізнавання фасонів весільних суконь на зображеннях через проектування відповідного методу з використанням засобів глибокого навчання, зокрема, нейромережевої моделі YOLOv8s. Спроектований метод реалізовано у вигляді вебсервісу, для реалізації якого було використано мову програмування Python та такі технології, як FastAPI, Jinja2, SQLAlchemy та Ultralytics YOLOv8s.

Розроблений вебсервіс дає можливість автоматично визначати фасон сукні на зображенні, а також формувати добірку рекомендованих моделей весільних суконь на основі класифікації. Такий вебсервіс може бути корисним для користувачів онлайн-магазинів весільного одягу, оскільки значно спрощує процес вибору. Розроблене рішення має перспективу масштабування і впровадження в комерційних або освітніх середовищах.

Ключові слова: класифікація зображень, фасони весільних суконь, згортова нейронна мережа, YOLOv8, вебсервіс.

Виконавець: студентка групи КН-21-2

Група виконавця


Підпис

Марія ТИМЧУК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Зміст

Перелік скорочень	4
Вступ.....	5
Розділ 1 Аналіз методів, засобів та підходів до розпізнавання фасонів весільних суконь на зображенні	6
1.1 Актуальність задачі розпізнавання весільних суконь на зображенні.....	6
1.2 Огляд теоретичних підходів до розв’язку задач розпізнавання фасонів весільних суконь на зображенні	9
1.3 Аналіз наявних програмних засобів та наукових рішень	10
1.4 Мета та задачі кваліфікаційної роботи бакалавра	13
Розділ 2 Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання.....	15
2.1 Основна ідея методу розпізнавання весільних суконь засобами глибокого навчання	15
2.2 Схема та кроки поданого методу	16
2.3 Опис використаної нейромережевої моделі для розпізнавання фасонів весільних суконь	18
2.3 Функціональна структура та логіка оброблення даних у системі розпізнавання весільних суконь	20
2.5 Проектна архітектура системи розпізнавання весільних суконь та взаємозв’язок її компонентів	23
2.6 Організація файлового сховища та структура анотацій	25
2.7 Підготовка робочих вхідних даних для системи розпізнавання фасонів весільних суконь	26
2.8 Використання спеціалізованих програмних засобів у реалізації методу розпізнавання весільних суконь	29
2.9 Висновки до розділу 2	32
Розділ 3 Експериментальне дослідження методу розпізнавання весільних суконь на зображенні.....	34
3.1 Опис застосування для експериментального дослідження	34

3.1.1	Визначення шляхів дослідження та засобів створення вебсервісу розпізнавання фасонів весільних суконь	34
3.1.2	Структура та функціональне призначення програмних складових вебсервісу	35
3.1.3	Особливості реалізації програмних складових вебсервісу	37
3.1.4	Опис інтерфейсу користувача	38
3.2	Результати класифікації весільних суконь на зображенні за спроектованим методом	43
3.3	Висновки до розділу 3	48
	Загальні висновки	50
	Перелік посилань	51
	Додатки	

Перелік скорочень

Скорочення, термін, позначення	Пояснення
БД	База даних
ІС	Інформаційна система
ІТ	Інформаційні технології
КРБ	Кваліфікаційна робота бакалавра
КН	Комп'ютерні науки
НМ	Нейронна мережа
ПЗ	Пояснювальна записка
ХНУ	Хмельницький національний університет.
API	Інтерфейс прикладного програмування
AI	Artificial Intelligence
CNN	Згортова нейронна мережа (Convolutional Neural Network)
YOLO	You Only Look Once
HTML	HyperText Markup Language
CSS	Cascading Style Sheets
SQL	Structured Query Language
RGB	Red Green Blue

Вступ

Кваліфікаційна робота бакалавра полягає у покращенні процесу розпізнавання весільних суконь різних фасонів на зображеннях через проектування відповідного методу засобами глибокого навчання, зокрема, нейромережевої моделі YOLOv8s.

Актуальність. Весільна індустрія – одна з найдинамічніших у модній сфері. З розвитком онлайн-продажів зростає потреба в інструментах, що спрощують вибір фасону. Більшість користувачів не знають назв фасонів, тому пошук за текстом – не завжди зручний та точний. Тому створення вебінтерфейсу для розпізнавання фасонів весільних суконь за зображенням є актуальним завданням. Інтеграція нейронної мережі у вебсервіс дає можливість автоматизувати класифікацію та формувати персоналізовані рекомендації. Це покращує користувацький досвід і підвищує ефективність роботи онлайн-магазинів та шоурумів.

Об'єкт дослідження – процес розпізнавання весільних суконь на зображенні

Предмет дослідження – алгоритми, засоби та підходи глибокого навчання до виявлення об'єктів на зображенні

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – покращення процесу розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання.

Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра – провести аналіз алгоритмів, засобів та підходів до розпізнавання весільних суконь на зображенні; спроектувати метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання; виконати програмну реалізацію методу розпізнавання весільних суконь у вигляді вебсервісу; провести експериментальне тестування реалізованого вебсервісу за еталонними наборами даних.

Розділ 1 Аналіз методів, засобів та підходів до розпізнавання фасонів весільних суконь на зображенні

1.1 Актуальність задачі розпізнавання весільних суконь на зображенні

Мода виходить далеко за межі щоденного підбору одягу – вона відображає культурні настрої, впливає на сприйняття себе та оточення. Те, що ми носимо, несе в собі елементи нашої індивідуальності, світогляду та положення в суспільстві, формуючи враження, яке ми створюємо для інших [1].

У сучасному світі мода не лише слугує засобом самовираження, але й стає інструментом соціальної адаптації. Завдяки зміні трендів люди здатні швидко адаптуватися до нових суспільних норм та культурних зрушень. Це особливо актуально в умовах глобалізації, коли різні культури взаємодіють та обмінюються традиціями і модними тенденціями [2].

Мода стає своєрідним містком між культурами, даючи змогу знаходити спільні точки дотику та формувати нові уявлення про стиль і естетику [3]. Мода виконує важливу комунікативну функцію, даючи можливість нам виражати свою індивідуальність та належність до певної соціальної групи. Вона є засобом самопрезентації та ідентифікації, впливаючи на поведінку споживачів і суспільства в цілому [4].

У різні епохи існували свої уявлення про ідеальний образ, і мода завжди відігравала велику роль у створенні цих ідеалів [5]. Сьогодні ж, під впливом соціальних мереж та інфлюенсерів, стандарти краси змінюються ще швидше, а люди прагнуть відповідати сучасним тенденціям. Це створює додатковий тиск на індустрію моди, змушуючи дизайнерів не лише відповідати вимогам часу, але й формувати нові уявлення про стиль та естетику [6].

Чому ми так уважно ставимося до вибору речей? Чому мода викликає стільки емоцій? Можливо, відповідь криється у бажанні бути почутими та поміченими, виділитися серед натовпу або, навпаки, злитися з ним [7]. Мода не просто змінюється з кожним сезоном, вона еволюціонує разом із суспільством,

підлаштовуючись під нові ідеали та цінності. Але незмінним залишається одне: вона завжди буде інструментом самовираження, завдяки якому ми розповідаємо світові про себе без слів [8].

Весільна мода є важливою складовою сучасної модної індустрії, яка характеризується різноманіттям стилів, матеріалів та дизайнерських рішень. Весільні сукні займають особливе місце у світі моди, оскільки вони уособлюють індивідуальність нареченої, підкреслюють святковість моменту та поєднують у собі як традиції, так і новітні тенденції (рисуюнок 1.1) [9].



Рисуюнок 1.1 – Основні силуети весільних суконь [9]

Розвиток цифрових технологій значно вплинув на модну індустрію. Зокрема, поширення електронної комерції та онлайн-платформ зробило процес вибору весільної сукні більш зручним та доступним. Сучасні онлайн-магазини та соціальні мережі пропонують величезний вибір моделей, що дає змогу нареченим знаходити ідеальний варіант без необхідності відвідування фізичних салонів [10].

Сучасні технології штучного інтелекту та глибокого навчання дають змогу створювати системи для автоматичного розпізнавання та класифікації весільних суконь. Такі системи точно визначають фасон, крій, довжину та інші характеристики [11], спрощуючи вибір вбрання. Автоматизація зменшує витрати на ручне маркування, підвищує точність рекомендацій і дає можливість швидко знаходити подібні моделі за фото [12]. Інтеграція технологій глибокого навчання в індустрію моди дає змогу інтернет-магазинам та модним платформам забезпечити швидке оброблення клієнтських запитів. Це сприяє підвищенню рівня задоволеності користувачів і допомагає зберегти конкурентоспроможність на ринку [13].

Для досягнення високої точності розпізнавання весільних суконь на зображеннях необхідно чітко визначити основні параметри та сутності предметної області, що дасть можливість структурувати інформацію та забезпечити ефективне моделювання процесу (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Основні параметри сутностей предметної області розпізнавання весільних суконь на зображеннях та їхніх атрибутів

№	Сутність	Опис	Атрибути
1	Весільна сукня	Елемент весільного гардеробу, що відображає індивідуальність нареченої та стиль заходу	фасон, довжина, колір, матеріал, декор, силует, рукава, шлейф
2	Зображення сукні	Фотографія або графічне зображення весільної сукні, що використовується для розпізнавання	формат файлу, роздільна здатність
3	Каталог суконь	База даних всіх доступних моделей весільних суконь з основною інформацією	ідентифікатор сукні, назва моделі, опис, посилання на зображення
4	Категорія сукні	Класифікація весільних суконь за типом або стилем	назва категорії
5	Результати розпізнавання	Інформація про ідентифіковані елементи та	категорія сукні, пропозиції аналогічних

		рекомендації користувача	для	моделей
--	--	-----------------------------	-----	---------

У результаті проведеного аналізу було визначено основні особливості моди як соціального та культурного явища, а також розглянуто вплив цифрових технологій на індустрію весільної моди. Автоматизація розпізнавання весільних суконь із використанням технологій глибокого навчання дає змогу створювати інтелектуальні системи для аналізу зображень, що спрощує процес вибору відповідних моделей і підвищує точність рекомендацій. Інтеграція таких технологій у модну індустрію забезпечує комфорт користувачів та покращує якість онлайн-обслуговування. Тому проєктування методу розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання є актуальною.

1.2 Огляд теоретичних підходів до розв'язку задач розпізнавання фасонів весільних суконь на зображенні

У сучасному світі розпізнавання об'єктів на зображеннях стало важливою складовою автоматизації багатьох процесів, особливо у сфері моди. Зі стрімким розвитком електронної комерції та зростанням попиту на автоматизовані системи класифікації одягу виникає необхідність у створенні високоточних рішень для розпізнавання весільних суконь [14].

Розпізнавання об'єктів на зображеннях ґрунтується на використанні штучного інтелекту [15] та глибокого навчання [16], що забезпечують точність і швидкість обробки. Одним з найпопулярніших підходів є застосування згорткових нейронних мереж (CNN), які здатні виявляти текстури, контури та характерні ознаки об'єктів на зображеннях [17]. CNN забезпечують стійкість до масштабування та можуть працювати з великими обсягами даних [18]. Завдяки здатності адаптуватися до різних візуальних особливостей, ці мережі є основою більшості систем розпізнавання одягу.

Однією з найпоширеніших архітектур у класі CNN [19] є VGG16 – глибока модель, що складається з 16 шарів, розроблена дослідниками з

Оксфордського університету [20]. Вона відзначається простотою реалізації та високою точністю в задачах класифікації зображень [21]. Її багаторівнева структура дає змогу ефективно виявляти головні візуальні ознаки об'єктів, зокрема фасон, деталі декору, текстуру тканини, що є критично важливим для розпізнавання суконь.

Іншим перспективним підходом є використання глибоких нейронних мереж з перенесенням навчання (Transfer Learning). Цей метод дає змогу застосовувати попередньо навчені моделі на нових задачах, що значно скорочує час на навчання та покращує точність [22]. Зокрема, перенесення навчання ефективно використовується для класифікації одягу, оскільки дає змогу використовувати вже накопичені знання для виявлення схожих ознак у нових зображеннях. Це робить метод особливо корисним для розпізнавання різних фасонів та стилів весільних суконь, навіть якщо вони раніше не зустрічалися в навчальному наборі [23].

Ще один метод, що привертає увагу дослідників, – трансформери (Transformers). Завдяки механізмам самоуваги трансформери здатні обробляти послідовності даних та розпізнавати складні візуальні структури. Вони часто застосовуються для аналізу високорівневих ознак на зображеннях, що дає змогу виявляти комплексні деталі одягу [24]. Також популярним є підхід на основі оптичного розпізнавання символів (OCR). Хоча основна мета OCR полягає в розпізнаванні тексту на зображеннях, його можна адаптувати для виявлення текстових елементів на одязі, таких як логотипи або маркування брендів [25].

Отже, розглянувши основні теоретичні підходи до розпізнавання об'єктів на зображеннях, можна зробити висновок про різноманітність методів та їх застосувань у модній індустрії. Кожен з описаних підходів має свої переваги та недоліки, що дає змогу обирати оптимальний метод залежно від конкретних задач та вимог до точності та швидкості обробки даних.

1.3 Аналіз наявних програмних засобів та наукових рішень

У роботі виконано аналітичний огляд низки сучасних програмних рішень у сфері автоматизації розпізнавання одягу. Одним із популярних рішень у цій сфері є Maven Cluster Apparel Detection [26] – система, що автоматично розпізнає та класифікує одяг за допомогою штучного інтелекту. Вона застосовує глибоке навчання для точного визначення елементів одягу на фото та відео, покращуючи пошук і каталогізацію товарів, що важливо для онлайн-магазинів (рисунок 1.2).

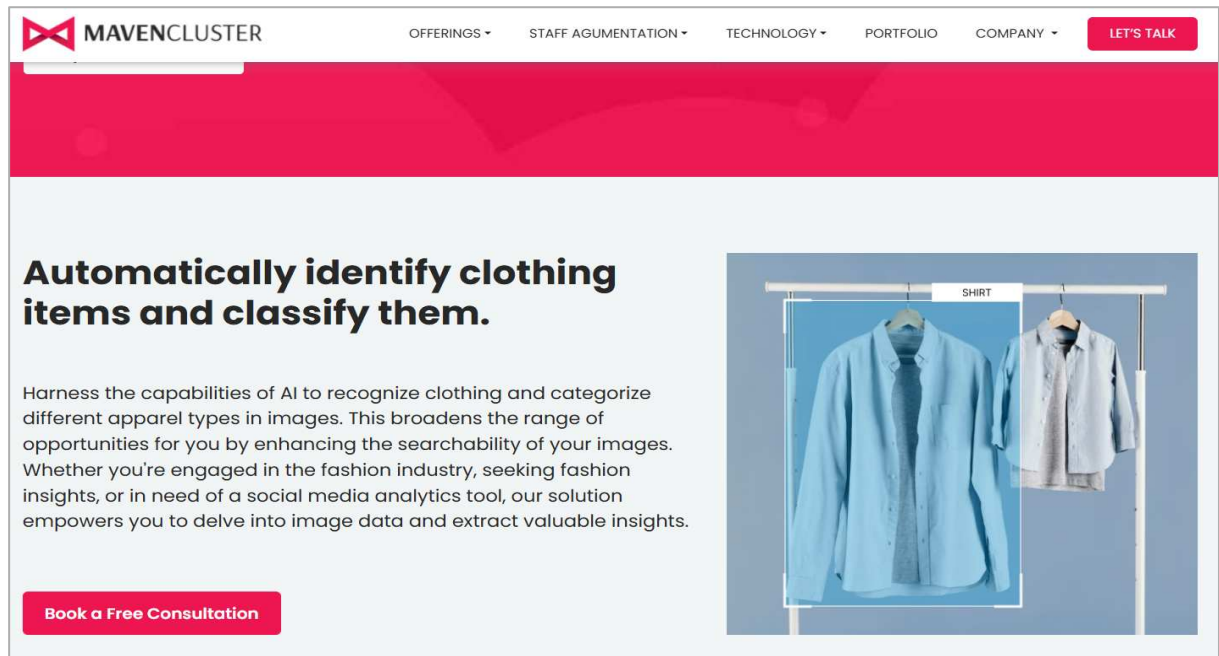


Рисунок 1.2 – Головний екран Maven Cluster Apparel Detection [26]

Maven Cluster Apparel Detection автоматично розпізнає елементи одягу на зображеннях і класифікує їх за категоріями. Завдяки алгоритмам глибокого навчання, сервіс підвищує ефективність онлайн-платформ і зменшує потребу в ручній модерації [27]. Інтеграція через API забезпечує гнучкість і зручність впровадження [28]. Поміж недоліків – вимоги до обчислювальних ресурсів і зниження точності при низькій якості зображень. Впровадження також потребує технічної підготовки.

Окрім цього рішення, існують альтернативи, як-от Folio3 Apparel Detection. Цей сервіс також використовує штучний інтелект для розпізнавання одягу на фото та відео (рисунок 1.3) [29]. Він відзначається високою точністю та швидкістю обробки, що робить його корисним для індустрії онлайн-торгівлі.

Folio3 Apparel Detection – це універсальний інструмент для розпізнавання одягу, здатний точно визначати фасон, матеріал та інші характеристики сукні. Сервіс підтримує обробку як зображень, так і відео в реальному часі, що робить його зручним для онлайн-шопінгу та віртуальних примірочних.

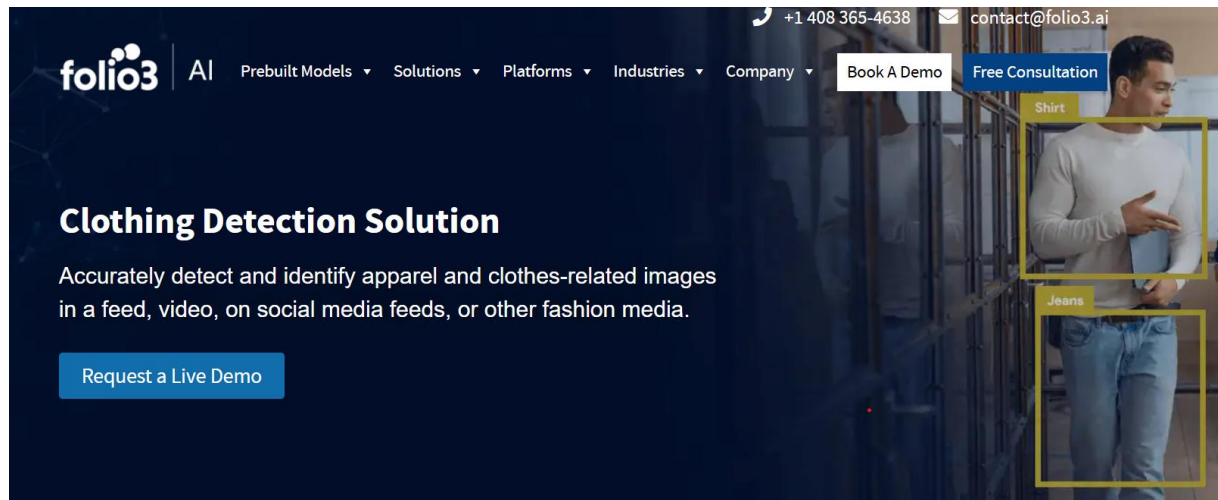


Рисунок 1.3 – Головний екран Folio3 Apparel Detection [29]

Завдяки інтеграції через API та гнучкому налаштуванню, система легко адаптується до бізнес-потреб, забезпечуючи стабільну обробку даних і звітність. Серед недоліків – потреба в потужних ресурсах і труднощі з складними зображеннями. Попри це, Folio3 залишається ефективним інструментом для автоматизації модної індустрії.

Варто згадати ще одне популярне рішення – Google Cloud Vision API [30]. Цей інструмент використовує машинне навчання для розпізнавання елементів одягу та аксесуарів на зображеннях. Завдяки роботі в реальному часі його легко інтегрувати у сайти та застосунки. Висока точність і швидкість роблять його зручним для автоматизації каталогів в електронній торгівлі.

Google Cloud Vision API легко інтегрується з різними платформами через API, що зручно для вебсайтів і мобільних застосунків. Хмарна обробка знижує навантаження на пристрої користувачів. Серед недоліків – висока вартість при великій кількості зображень, залежність від інтернету та обмежені можливості

налаштувань. Незважаючи на це, сервіс залишається популярним завдяки точності, швидкості та зручності.

Аналіз сучасних рішень для автоматизації розпізнавання одягу, таких як Maven Cluster, Folio3 та Google Cloud Vision API, засвідчив їхню ефективність у класифікації та візуалізації. Вони відзначаються високою точністю, швидкістю та зручною інтеграцією з онлайн-платформами. Водночас ці сервіси не адаптовані для розпізнавання саме весільних суконь, що потребує спеціального підходу. Розробка методу на основі глибокого навчання є актуальною для підвищення точності класифікації у цій ніші.

1.4 Мета та задачі кваліфікаційної роботи бакалавра

Отже, метою роботи є покращення процесу розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання через проєктування методу розпізнавання весільних суконь на зображенні, програмна реалізація якого дасть змогу автоматизувати процес класифікації весільного одягу і буде корисним для власників салонів весільних суконь, дизайнерів та наречених.

Досягнення формалізованої вище мети потребує розв'язання таких завдань:

- зібрати та підготувати набір зображень весільних суконь, що містить різноманітні фасони, стилі та декоративні елементи;
- спроектувати метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання;
- виконати програмну реалізацію методу розпізнавання весільних суконь у вигляді вебсервісу;
- провести експериментальне тестування реалізованого вебсервісу за еталонними наборами даних.

Отже, у межах кваліфікаційної роботи буде розроблено вебсервіс для автоматизованого розпізнавання весільних суконь на зображеннях з використанням методів глибокого навчання. Для досягнення поставленої мети передбачено формування набору зображень, підготовку даних, побудову та

навчання згорткової нейронної мережі, реалізацію інтерфейсу для завантаження зображень, а також виведення результатів класифікації.

Розділ 2 Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання

2.1 Основна ідея методу розпізнавання весільних суконь засобами глибокого навчання

Основна ідея проєктованого методу полягає в автоматизації процесу розпізнавання фасонів весільних суконь на зображеннях за допомогою глибокого навчання. В основі методу лежить використання сучасної моделі CNN під назвою YOLOv8s [31–33], яка адаптована для задачі класифікації.

YOLOv8s обрано завдяки оптимальному балансу між швидкістю оброблення даних та точністю розпізнавання, що є критично важливим для інтерактивних вебсервісів. Ключовим технологічним підходом є трансферне навчання (Transfer Learning) [34]. Замість того, щоб навчати модель з нуля, що вимагало б величезного масиву даних, використовується вже готова архітектура YOLOv8s, попередньо навчена на загальному наборі даних ImageNet. Ця базова модель, що вже “вміє” розрізняти текстури, форми та контури, потім проходить етап донавчання на спеціалізованому, власноруч зібраному наборі даних.

Створений в межах роботи набір даних включає зображення п’яти найпоширеніших фасонів: A-line, Ballgown, Mermaid, Mini та Sheath. Такий підхід дає змогу отримати високу точність розпізнавання навіть з відносно невеликим обсягом вузькоспеціалізованих даних. Процес для кінцевого користувача максимально спрощений: він завантажує фотографію сукні через інтуїтивно зрозумілий вебінтерфейс.

Після оброблення зображення система визначає найбільш імовірний фасон та динамічно формує блок персоналізованих рекомендацій. Вона звертається до внутрішньої бази даних, де зберігається каталог суконь, і пропонує користувачеві схожі моделі. Архітектурно метод реалізовано як модульний вебсервіс, що чітко розділяє компоненти: інтерфейс користувача для взаємодії, API-сервер на базі FastAPI для обробки запитів, саму класифікаційну модель для аналізу зображень та базу даних для зберігання каталогу. Така

архітектура забезпечує гнучкість, легкість підтримки та потенціал для майбутнього масштабування системи.

2.2 Схема та кроки поданого методу

У роботі сформовано метод автоматичного розпізнавання весільних суконь за зображенням із використанням засобів глибокого навчання. Основною метою є створення алгоритму, що забезпечуватиме точне та ефективне віднесення вхідного зображення до відповідного типу суконь із можливістю подальшого формування рекомендацій для користувача.

Передбачається, що вхідними даними методу стануть кольорові зображення у форматах JPEG або PNG, які містять фотографії весільних суконь. На зображенні повинен бути присутній лише один об'єкт (сукня), без суттєвих перешкод або перекриття іншими елементами. Оптимальна роздільна здатність – не менше 224×224 пікселів. У результаті система повертатиме ймовірнісну оцінку належності зображення до одного з наперед визначених класів фасонів.

Запропонований метод включає послідовність взаємопов'язаних етапів обробки вхідних даних, кожен з яких виконує окрему функцію в загальній логіці класифікації зображень весільних суконь.

Алгоритм реалізовано у вигляді послідовності кроків, наведених на рисунку 2.1.

Етап 1. Попередня обробка зображення: воно масштабується до фіксованого розміру, нормалізується за піксельними значеннями та перетворюється у формат тензора, придатний для подачі в нейронну мережу.

Етап 2. Завантаження навченої моделі: здійснюється завантаження попередньо навченої моделі YOLOv8s, що містить класифікаційний шар для фасонів суконь та готова до використання для розпізнавання зображень.

Етап 3. Класифікація зображення: завантажене фото проходить через згорткові шари моделі, витягуються ознаки, після чого класифікаційний блок

визначає ймовірність належності до одного з фасонів. Найбільш ймовірний результат подається як основний.

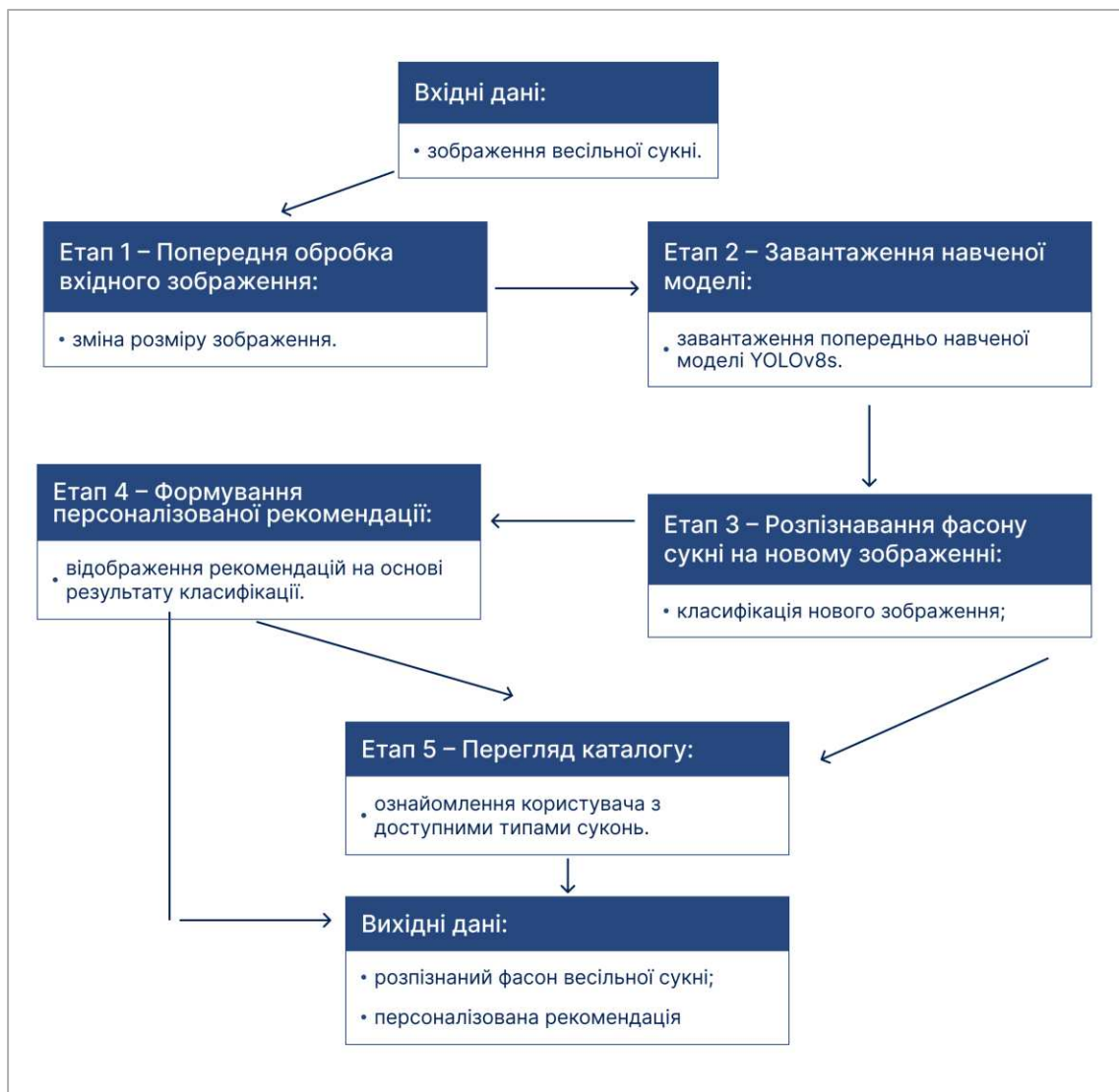


Рисунок 2.1 – Схема роботи методу розпізнавання фасонів весільних суконь на зображенні

Етап 4. Формування рекомендацій: система пропонує декілька схожих варіантів із каталогу на основі результатів класифікації.

Етап 5. Ознайомлення з каталогом: користувач має змогу переглянути каталог доступних фасонів, ознайомитися з їхніми описами та візуальними прикладами.

У результаті користувач отримує визначений тип сукні та добірку персоналізованих рекомендацій.

Для реалізацією системи класифікації фасонів весільних суконь необхідно підготувати модель. Для цього потрібно виконати етап побудови та навчання, який включає вибір базової архітектури, додавання власного класифікаційного шару та донавчання моделі на власному наборі зображень з використанням Transfer Learning. Основні кроки цього процесу зображено на рисунку 2.2.

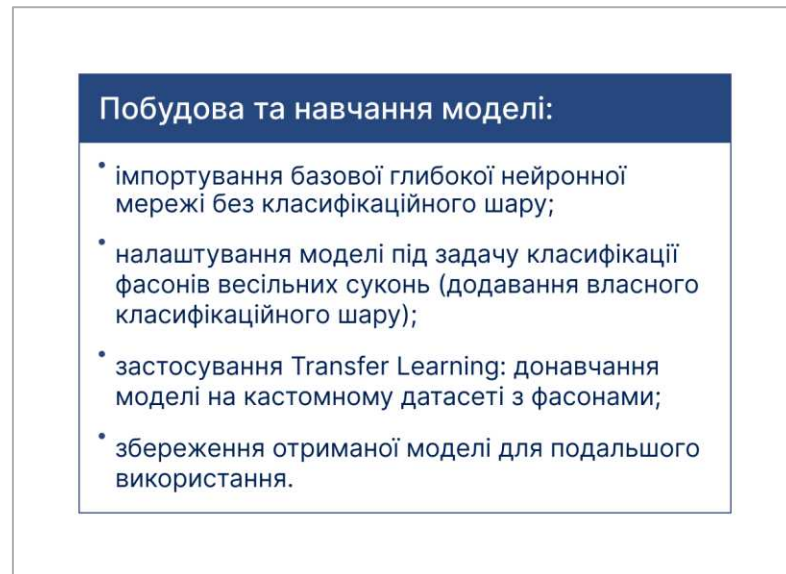


Рисунок 2.2 – Етапи побудови та донавчання моделі класифікації фасонів весільних суконь

Отже, було спроектовано загальну структуру методу автоматичного розпізнавання весільних суконь на зображеннях із використанням глибокого навчання. Визначено вхідні та вихідні дані, описано основні етапи обробки та класифікації зображень, а також представлено візуальні схеми роботи алгоритму.

2.3 Опис використаної нейромережевої моделі для розпізнавання фасонів весільних суконь

Для реалізації методу розпізнавання весільних суконь буде використано згорткову нейронну мережу [31], побудовану на основі архітектури YOLOv8s –

легкої й швидкої версії з сімейства YOLOv8, яка добре підходить для задач класифікації зображень [32]. Ця версія є однією з найновіших і вдосконалених у серії YOLO (You Only Look Once), що поєднує високу швидкість обробки з достатньою точністю, забезпечуючи баланс між продуктивністю та ресурсоспоживанням. Архітектура YOLOv8s має модульну будову та виконує вилучення ознак за допомогою попередньо навченої структури – Backbone [33].

Модель буде обрана з огляду на її стабільність, точність і здатність ефективно працювати з візуальними даними. Особливу увагу приділено можливості її адаптації до вузькоспеціалізованих задач класифікації за допомогою Transfer Learning, що дасть можливість скоротити час навчання й зменшити потребу у великому обсязі даних [34]. У межах даного проєкту планується використати попередньо натреновану базову модель, до якої буде додано власний класифікаційний блок. Модель буде донавчена на підготовленому власному наборі зображень фасонів суконь без потреби у повному перенавчанні.

Характеристики архітектури YOLOv8s, яку буде використано наведено на рисунку 2.3.

Назва моделі	Тип задачі	Розмір вхідного зображення	Кількість класів	Структура	Transfer Learning	Функція втрат	Batch size
YOLOv8s (v8.0.0)	Класифікація	224×224	5	Conv → C2f → SPPF → Head	Так	CrossEntropy Loss	16

Рисунок 2.3 – Технічні параметри моделі YOLOv8s

У процесі навчання передбачається використання стандартної структури YOLOv8s для класифікації зображень, де вихід моделі формуватиме набір ймовірностей належності зображення до кожного з визначених класів. Такий формат дасть можливість швидко й ефективно визначити тип весільної сукні на основі лише одного вхідного зображення.

Отже, використання YOLOv8s у завданні класифікації фасонів весільних суконь забезпечить оптимальний баланс між точністю, швидкістю та

можливістю адаптації до нових класів, що особливо важливо у контексті інтеграції моделі в реальний програмний застосунок.

2.3 Функціональна структура та логіка оброблення даних у системі розпізнавання весільних суконь

Програмна реалізація методу розпізнавання весільних суконь ґрунтується на чіткій послідовності бізнес-процесів, кожен з яких виконує окрему функцію в загальній логіці роботи системи.

На першому етапі реалізується процес завантаження зображення, де користувач обирає фото весільної сукні. Далі запускається процес класифікації, у межах якого система проводить попередню обробку зображення, витягує ознаки та визначає тип сукні на основі попередньо натренованої моделі. Після класифікації користувач переходить до перегляду каталогу, який містить зображення прикладів та короткі описи інших суконь із цього ж або подібного типу. На завершення формується блок рекомендацій, які ґрунтуються на результаті класифікації та пропонують користувачеві сукні потрібного фасону.

На рисунку 2.4 представлено DFD-діаграму нульового рівня, яка відображає загальну логіку проходження даних у системі.

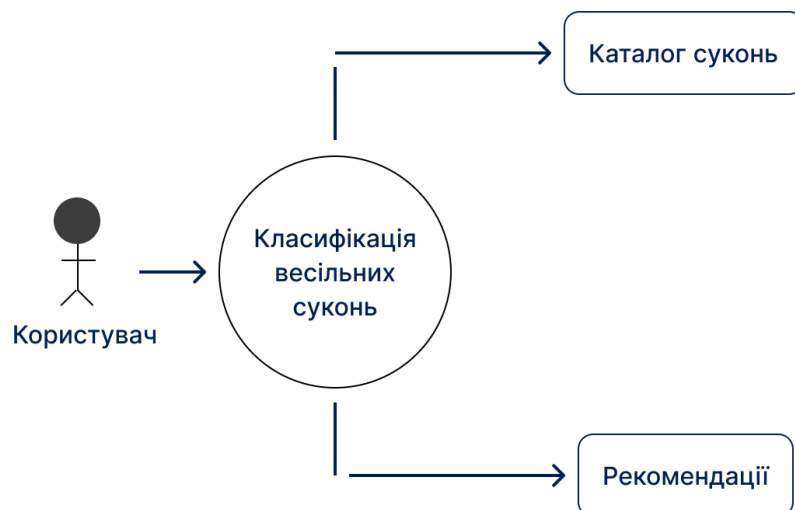


Рисунок 2.4 – DFD Level 0 – загальна структура потоків даних у системі

У ній визначено основні процеси, зовнішні сутності, а також головні потоки даних між ними. Цей рівень дає уявлення про загальну структуру інформаційного обміну без деталізації внутрішніх процесів. Щоб краще уявити, як саме користувач буде переміщуватися в межах системи, було побудовано граф переходів між основними екранами (рисунок 2.5).

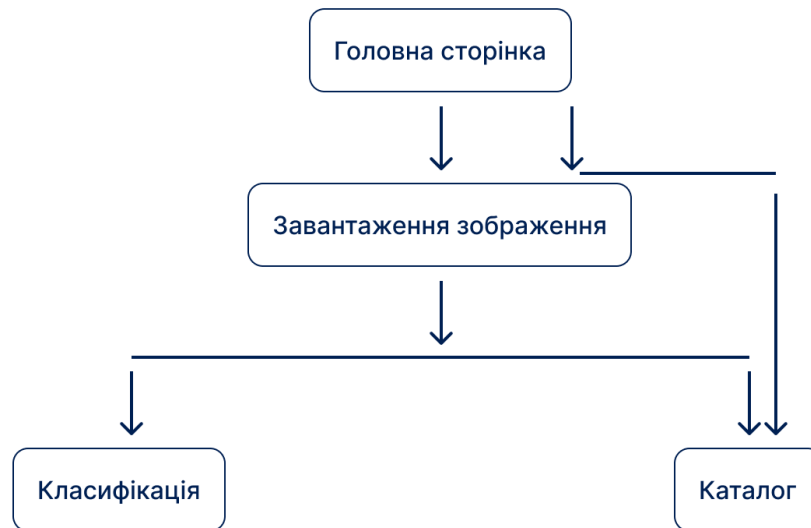


Рисунок 2.5 – Діаграма UI-навігації користувача

Ця діаграма допомагає наочно відобразити логіку навігації та можливі сценарії використання системи. На ній показано послідовність дій – від моменту запуску до завершення сесії: Користувач може обрати, з чого почати – завантажити фото сукні для класифікації або одразу переглянути каталог наявних типів. У випадку класифікації система повертає результат, після чого доступна опція перегляду персональних рекомендацій. Користувач може в будь-який момент повернутися до каталогу або завершити взаємодію. Такий візуальний сценарій дає змогу швидко зрозуміти логіку роботи інтерфейсу без потреби заглиблюватися в технічні деталі.

Запропонована функціональна структура дає змогу реалізувати метод у вигляді послідовного та передбачуваного процесу з мінімальним навантаженням на користувача та чіткою внутрішньою логікою обробки.

Для детального представлення логіки обробки даних була побудована UML-діаграма активностей, яка відображає послідовність взаємодії користувача із системою – від початкового вибору дії до завершення сеансу. На рисунку 2.6 показано, що користувач має змогу одразу після запуску програми обрати один з основних шляхів: завантажити зображення сукні для класифікації або перейти до перегляду каталогу типів суконь.

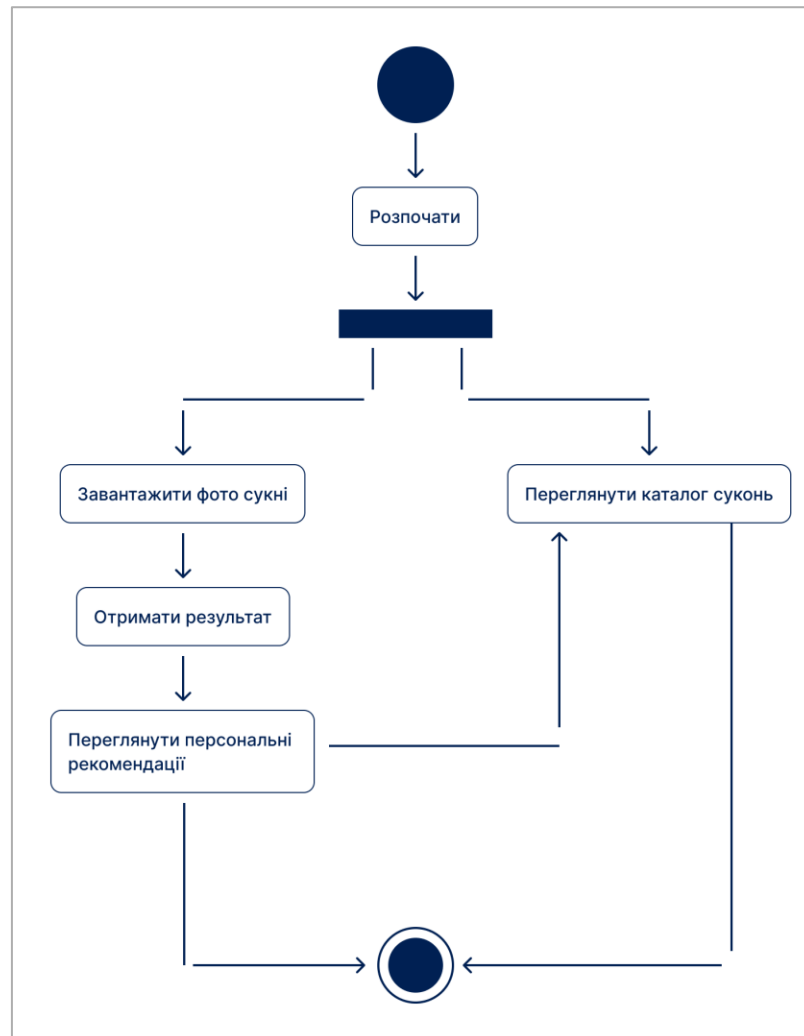


Рисунок 2.6 – UML-діаграму активностей

У випадку класифікації користувач завантажує фотографію, після чого система повертає результат розпізнавання. Далі можна переглянути персональні рекомендації, сформовані на основі результату класифікації. Незалежно від вибраного шляху, користувач має змогу повернутися до каталогу або завершити взаємодію.

Діаграма ілюструє головні етапи взаємодії в максимально стислому та зручному для сприйняття вигляді, відображаючи альтернативні сценарії використання системи.

Отже, щоб максимально спростити шлях користувача від завантаження зображення до отримання рекомендацій було побудовано діаграми. Побудовані діаграми візуалізували не лише загальну логіку обміну даними в системі, а й типову послідовність дій користувача в інтерфейсі. Такий підхід дає змогу проектувати систему як послідовну й логічну в реалізації, з мінімальною кількістю кроків та зрозумілою навігацією, що є важливим для зручності використання і подальшої інтеграції з іншими модулями.

2.5 Проектна архітектура системи розпізнавання весільних суконь та взаємозв'язок її компонентів

У процесі проектування системи розпізнавання весільних суконь було обрано багаторівневу архітектуру, яка дає змогу ефективно розділити функціональність на окремі логічні блоки. Такий підхід забезпечить гнучкість, масштабованість і зручність у реалізації та подальшій підтримці системи. Кожен компонент виконує чітко визначену роль, а взаємодія між ними здійснюється через стандартизовані інтерфейси.

Схему взаємодії основних компонентів наведено на рисунку 2.7. У ній показано, як пов'язані між собою інтерфейс користувача, API, обчислювальний модуль та база даних, у якій зберігався каталог типів суконь.



Рисунок 2.7 – UML компонентна діаграма архітектури системи

Архітектура системи ґрунтується на чітко структурованій трирівневій взаємодії між її основними компонентами: інтерфейсом користувача, API-сервером і серверною частиною, яка виконує всі обчислювальні операції. Такий підхід забезпечує логічний поділ функціональності, ізоляцію обробки даних від взаємодії з користувачем і гнучкість у подальшому масштабуванні системи.

Початок взаємодії відбувається на стороні користувача через інтерфейс, що дає змогу завантажити зображення для класифікації. Уся передача даних із клієнта до обчислювального ядра здійснюється через REST API – проміжний рівень, який виступає посередником між зовнішнім інтерфейсом і внутрішньою логікою системи. Він приймає запити на класифікацію, обробляє їх та пересилає на сервер для аналізу. Такий підхід дає змогу чітко розмежувати відповідальність модулів і дає змогу легко замінювати або оновлювати окремі частини системи без впливу на загальну стабільність.

Головна частина обробки розміщується на рівні Model Service. Тут зображення проходить кілька критично важливих етапів. Спочатку виконується попередня обробка – масштабування, нормалізація, трансформація даних у формат, який підходить для подачі в нейронну мережу. Після цього запускається безпосередній процес класифікації: модель YOLOv8, попередньо завантажена в пам'ять, здійснює forward pass і повертає результат – ймовірне віднесення зображення до одного з фасонів весільної сукні.

Одночасно з класифікацією система звертається до внутрішньої бази даних, яка містить описані матеріали для кожного типу суконь. Це дає змогу не лише визначити клас, до якого належить зображення, а й сформуванати короткий текстовий опис і підібрати приклади схожих фасонів. Отже, результати мають не лише технічну, а й інформативну цінність для користувача.

Усі результати класифікації й сформовані рекомендації передаються назад через API до інтерфейсу, де виводяться у зручному форматі.

Завдяки такій архітектурі система демонструє не лише ефективність у виконанні свого основного завдання – класифікації весільних суконь – а й гнучкість, масштабованість і зручність як для користувача, так і для розробника.

Кожен рівень працює незалежно, але гармонійно інтегрується в загальну логіку, створюючи цілісну, живу та динамічну екосистему розпізнавання.

2.6 Організація файлового сховища та структура анотацій

Однією з головних умов ефективної реалізації системи розпізнавання весільних суконь є правильна організація структури проєкту. Від цього безпосередньо залежить зручність роботи з даними, можливість навчання моделей та обробки результатів класифікації.

З огляду на архітектуру системи та вимоги до запуску моделі YOLOv8, структура проєкту побудована у вигляді впорядкованої ієрархії каталогів, що чітко розмежовують функціональні частини. Основні компоненти проєкту включають директорії для набору даних, модулів, шаблонів інтерфейсу, навчання та статичних ресурсів. Така структура забезпечує простоту навігації, масштабованість та підтримку проєкту на всіх етапах розроблення (рисунок 2.8).

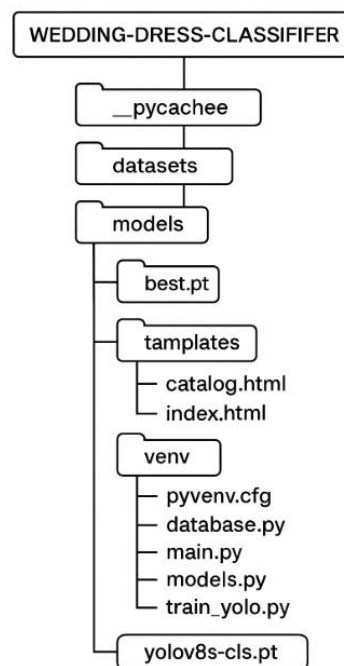


Рисунок 2.8 – Структура каталогів системи розпізнавання фасонів весільних суконь

Для донавчання моделі YOLOv8s використовується директорія datasets, у якій зберігаються зображення, розподілені на підкаталоги train/ і val/ згідно з класами фасонів (A-line, Ballgown, Mermaid, Mini, Sheath). Зображення подаються у форматах .jpg або .png, а перед подачею в модель автоматично масштабується до фіксованого розміру 224×224 пікселі.

Навчена модель зберігається у папці models у вигляді файлу best.pt, який потім використовується у вебінтерфейсі для класифікації нових зображень. Весь процес навчання міститься у папці training_logs, де зберігається структура проекту Ultralytics із вагами, метриками, графіками та результатами валідації.

Файли main.py, train_yolo.py, database.py та models.py відповідають за відповідні етапи: запуск API, навчання моделі, підключення до бази даних та опис ORM-моделі таблиці dresses.

Шаблони інтерфейсу зберігаються в директорії templates у вигляді файлів index.html та catalog.html, а усі зображення, необхідні для фронтенду, розміщені в static/.

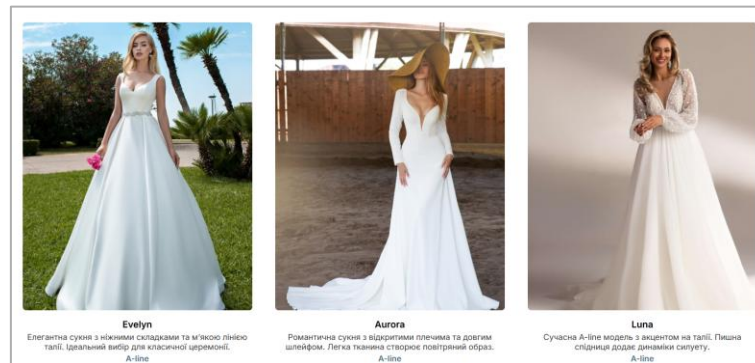
Завдяки такій організації структура проекту є логічною, простою для розуміння, підтримки та подальшого розширення функціоналу класифікації весільних суконь.

2.7 Підготовлення вхідних даних для системи розпізнавання весільних суконь різних фасонів

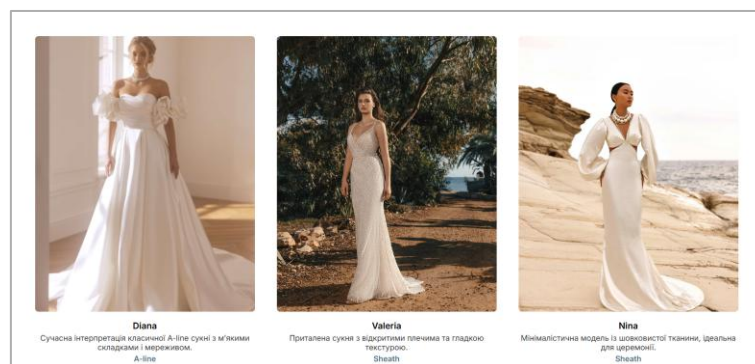
У межах даної роботи було створено власний набір зображень весільних суконь для донавчання та тестування нейромережевої моделі YOLOv8s. Приклади таких зображень наведено на рисунку 2.9.

На відміну від стандартних загальнодоступних наборів зображень, цей набір було сформовано вручну через збирання фотографій із вебсайтів кількох відомих онлайн-магазинів весільного одягу, зокрема Crystal [35], Milla Nova [36]

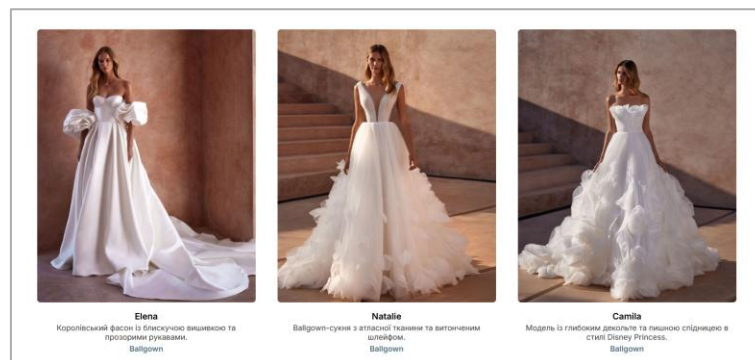
та Victoria Soprano [37]. Зображення суконь завантажувалися у відповідні категорії за фасоном.



а)



б)



в)

Рисунок 2.9 – Приклади фасонів весільних суконь, що використані в даній роботі: а) A-line; б) Sheath; в) Ballgown

Було виділено п'ять основних типів фасонів весільних суконь, які мають чіткі візуальні відмінності та часто зустрічаються в каталогах (рисунок 2.10):

- A-line;
- Ballgown;

- Mermaid;
- Mini;
- Sheath.

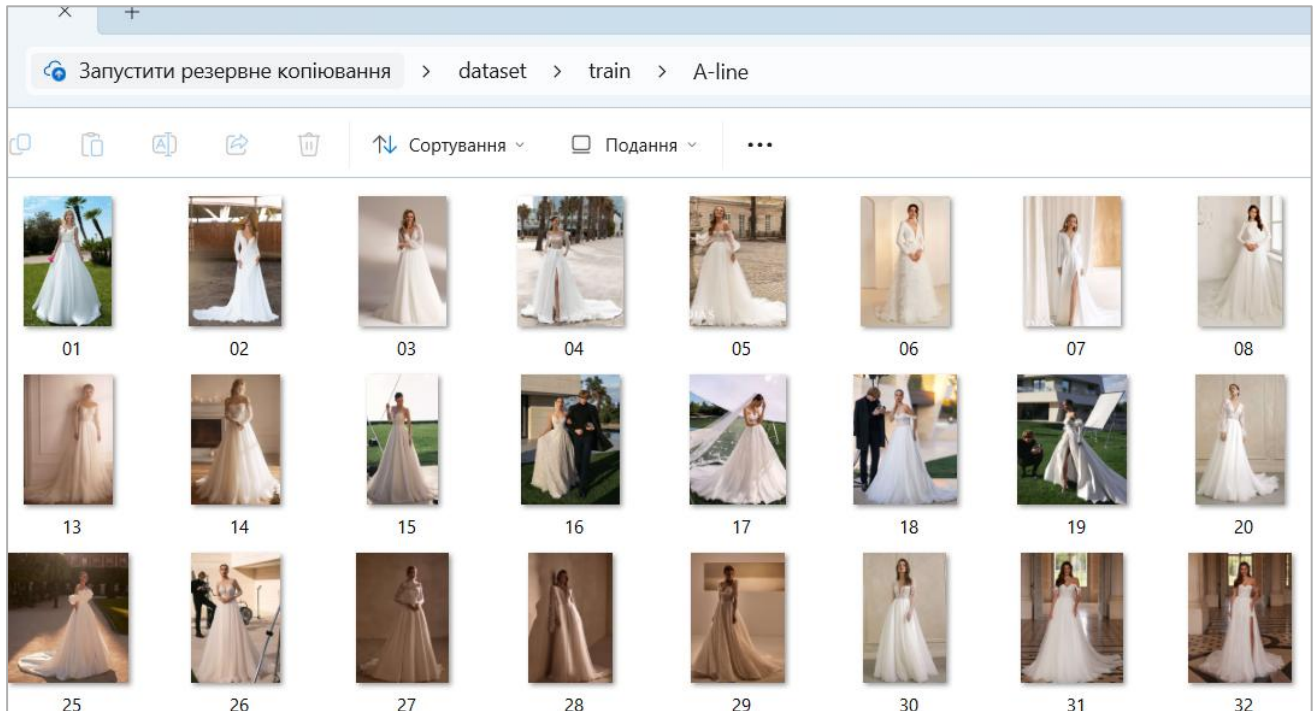


Рисунок 2.10 – Приклад папки з фасонами A-line

Для кожної категорії фасонів було вручну зібрано приблизно по 50 зображень, що дає змогу забезпечити достатнє різноманіття прикладів для повноцінного навчання згорткової нейронної мережі. Зображення були розподілені у відповідні підкаталоги за фасонами. У кожній папці розміщено лише ті зображення, які візуально відповідають конкретному фасону.

Структура папок набору зображень представлена на рисунку 2.11:

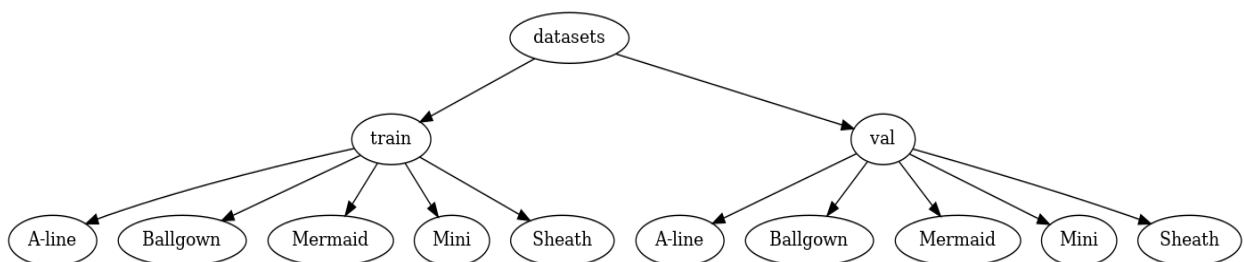


Рисунок 2.11 – Структура папок зібраного набору даних

Усі зображення будуть автоматично масштабовані до єдиного розміру під час обробки моделлю, тому початковий розмір фотографій не нормалізувався вручну. Модель навчалась розпізнавати загальний силует та структуру фасону, незалежно від пози, фону чи освітлення, що забезпечує її гнучкість у реальному використанні.

Отже, підготовлений набір даних із п'яти фасонів став основою для донавчання нейромережевої моделі YOLOv8s і дав можливість реалізувати повноцінну класифікацію весільних суконь у системі.

2.8 Використання спеціалізованих програмних засобів у реалізації методу розпізнавання весільних суконь

Для реалізації програмної частини методу буде використано низку спеціалізованих бібліотек і фреймворків, які допоможуть спростити роботу з даними, прискорять процес розроблення та забезпечать надійне навчання і розгортання моделі. Основним середовищем розроблення стане Python [38], оскільки ця мова має широку екосистему інструментів для роботи з машинним навчанням, обробки зображень та реалізації серверної логіки. Python є однією з найпопулярніших мов у сфері штучного інтелекту, активно підтримується спільнотою та має велику базу документації, що значно спростить процес реалізації та налагодження системи [39].

Головну роль у навчанні моделі відіграватиме фреймворк PyTorch версії 2.x, який забезпечить гнучкість у побудові нейронних мереж і зручність у налагодженні обчислювальних процесів [40]. Перевагою PyTorch є підтримка динамічних обчислювальних графів, що дасть можливість змінювати архітектуру моделі «на льоту» під час розроблення і тестування. Крім того, PyTorch має добру інтеграцію з CUDA, що дасть можливість ефективно використовувати ресурси GPU на етапі навчання моделі.

Для побудови архітектури згорткової нейронної мережі планується використання бібліотеки Ultralytics, яка містить реалізацію моделей YOLOv8, зокрема варіанту yolov8s-cls, що буде застосований як основа для вирішення задачі класифікації фасонів весільних суконь. Ця бібліотека має зручний інтерфейс для навчання, тестування, збереження моделей і підтримує Transfer Learning на базі PyTorch [41].

Аугментація зображень буде реалізована з використанням бібліотеки Albumentations, яка відзначається високою продуктивністю, гнучкістю і простим API [42]. Вона дасть можливість збільшити варіативність навчального набору даних, підвищуючи стійкість моделі до нових або частково змінених зображень. Albumentations також добре сумісна з PyTorch і підтримує комбінацію різних трансформацій із вказанням ймовірностей їх застосування.

Для реалізації взаємодії між клієнтом і сервером буде використано фреймворк FastAPI, який забезпечить швидку обробку HTTP-запитів, чітку структуру маршрутизації та автоматичну генерацію OpenAPI-документації [43]. За його допомогою реалізується завантаження зображень, запуск класифікації та вивід результатів із персоналізованими рекомендаціями в інтерфейсі.

Для взаємодії з базою даних MySQL буде застосовано бібліотеки SQLAlchemy [44] і PyMySQL [45], які забезпечать зручний ORM-рівень. Це дасть змогу будувати запити до таблиці Dress, зберігати описи суконь, зображення та пов'язані стилі, а також динамічно формувати добірку рекомендацій на основі результатів класифікації.

У таблиці 2.1 наведено коротке порівняння головних бібліотек, які будуть використані для реалізації функціональних частин системи.

У процесі донавчання моделі буде використано типові гіперпараметри, рекомендовані для фреймворку Ultralytics YOLOv8. Зокрема, буде встановлено розмір пакета (batch size) на рівні 16 зображень, вхідне зображення масштабується до розміру 224×224 пікселі, а кількість епох для донавчання нейромережевої моделі YOLOv8s становитиме 30.

Для реалізації підходу Transfer Learning буде застосовано попередньо натреновану модель yolov8s-cls.pt. Інші параметри, зокрема швидкість навчання та оптимізатор, залишаються на рівні типових налаштувань за замовчуванням, оскільки вони вважаються оптимальними для задач класифікації середньої складності.

Таблиця 2.1 – Порівняння використаних програмних бібліотек

№	Бібліотека	Призначення	Причина вибору
1	PyTorch 2.x [40]	Побудова та навчання нейронної мережі	Гнучкий фреймворк з підтримкою Transfer Learning
2	Ultralytics [41]	Реалізація моделі YOLOv8s для класифікації зображень	Сучасна реалізація YOLOv8 з готовими інструментами для навчання, оцінки та використання моделі
3	Albumentations [42]	Аугментація зображень (обертання, зміни яскравості)	Висока швидкість і простий синтаксис
4	FastAPI [43]	Побудова API для комунікації між інтерфейсом і моделлю	Швидкість, зручна маршрутизація, автодокументація
5	SQLAlchemy [44]	Організація взаємодії з базою даних через ORM	Універсальна ORM-бібліотека з підтримкою різних СУБД, спрощує роботу з таблицями як з Python-об'єктами
6	PyMySQL [45]	Підключення до MySQL-бази даних на низькому	Легка у використанні бібліотека для

		рівні	асинхронної роботи з MySQL у Python
--	--	-------	-------------------------------------

Навчання моделі відбуватиметься у CPU-режимі – без залучення графічного прискорення. Завдяки вибору моделі YOLOv8s із підтримкою Transfer Learning, очікується, що навантаження на ресурси буде помірним, а час обробки – прийнятним для локального середовища.

У разі розгортання системи в умовах виробничого середовища або за збільшення обсягів даних, передбачено використання графічного прискорювача рівня NVIDIA RTX 3060 з 8 ГБ відеопам'яті. Така конфігурація забезпечить стабільну і швидку обробку запитів, а також дасть змогу запускати API-сервіс локально без необхідності залучення хмарних обчислювальних платформ. Це спростить розгортання, знизить витрати й підвищить контроль над системою.

У перспективі, залежно від потреби розширення функціональності чи обробки великих наборів даних, буде можливим масштабування системи до більш потужного GPU та подальша інтеграція з іншими модулями.

Застосування перевірених бібліотек і сучасних фреймворків у реалізації методу розпізнавання весільних суконь дасть можливість досягти функціональної цілісності, гнучкості й доступності системи. Кожен обраний інструмент програмного середовища виконуватиме чітко визначену функцію.

У підсумку, завдяки оптимальному вибору технологій і правильній структурі проєкту, система буде реалізована на локальному середовищі з можливістю подальшого розширення, модернізації та впровадження у вебплатформу без потреби в суттєвій перебудові архітектури.

2.9 Висновки до розділу 2

Метод автоматичного розпізнавання фасонів весільних суконь базуватиметься на послідовній обробці зображення за допомогою неймережевої моделі YOLOv8s, адаптованої до задачі класифікації.

Основними етапами обробки стануть: завантаження зображення, попередня обробка даних, прогнозування класу фасону та формування блоку з персоналізованими рекомендаціями.

Для реалізації класифікації буде використано готову модель YOLOv8s, попередньо навченої на ImageNet, яка пройде донавчання на власному наборі зображень, складається з п'яти типів фасонів весільних суконь. Завдяки застосуванню підходу Transfer Learning, модель зможе ефективно працювати навіть з обмеженим обсягом навчальних даних, без необхідності повного перенавчання з нуля.

З урахуванням обраної архітектури, система матиме модульну побудову, до якої увійдуть:

- інтерфейс користувача;
- серверна логіка, розроблена з використанням FastAPI;
- класифікаційна модель, яка прийматиме зображення та повертатиме результат розпізнавання фасону;
- база даних MySQL, у якій зберігатиметься інформація про сукні та забезпечуватиметься динамічне формування відповідного каталогу.

Така структура забезпечить гнучкість у підтримці проєкту, простоту інтеграції моделі та незалежність окремих модулів, що, у свою чергу, дасть можливість легко масштабувати систему в майбутньому. Користувач отримуватиме не лише результат класифікації зображення, а й добірку рекомендацій із сукнями подібного фасону, а також матиме змогу перейти до перегляду повного каталогу.

Розділ 3 Експериментальне дослідження методу розпізнавання весільних суконь на зображенні

3.1 Опис застосування для експериментального дослідження

3.1.1 Визначення шляхів дослідження та засобів створення вебсервісу розпізнавання фасонів весільних суконь

У межах методу класифікації фасонів весільних суконь необхідно реалізувати вебсервіс, який поєднуватиме функції розпізнавання, відображення результатів класифікації та надання рекомендацій. Така система має забезпечити користувачеві можливість завантажити зображення сукні, отримати автоматичне визначення її фасону та переглянути візуально схожі моделі з бази даних.

Основним завданням є побудова зручного у користуванні інтерфейсу, який дає змогу взаємодіяти із системою інтуїтивно зрозумілим способом. Передбачається реалізація етапів завантаження зображення, запуску процесу класифікації, відображення результатів і виведення персоналізованих рекомендацій. Крім того, важливою функцією є можливість переходу до повного каталогу із прикладами суконь.

У межах реалізації також передбачено створення логіки обробки помилкових сценаріїв, зокрема некоректних форматів файлів. Це забезпечить стабільну роботу всієї системи й покращить взаємодію з користувачем.

Загальна структура вебсервісу повинна бути модульною: інтерфейс користувача, обчислювальний модуль класифікації, база даних і логіка рекомендацій мають бути чітко розділеними. Такий підхід гарантує гнучкість у розробці, можливість масштабування системи та зручність подальшої підтримки.

Після реалізації системи буде проведено дослідження її ефективності шляхом тестування головних функцій і перевірки відповідності заявленим вимогам. Це дасть можливість оцінити точність класифікації, швидкість обробки запитів і якість запропонованих рекомендацій, що в сукупності сформує загальну оцінку працездатності створеного рішення.

3.1.2 Структура та функціональне призначення програмних складових вебсервісу

Програмна архітектура системи автоматичного розпізнавання фасонів весільних суконь має модульну побудову, що дає змогу забезпечити незалежність окремих компонентів і гнучкість у процесі розроблення та подальшого масштабування. Система реалізується як вебсервіс, де логіка обробки, взаємодії з користувачем і машинного навчання чітко розмежована між модулями. Загальна структура проєкту візуалізована на UML-діаграмі класів (рисунок 3.1), яка відображає головні модулі, їх атрибути, методи та зв'язки.

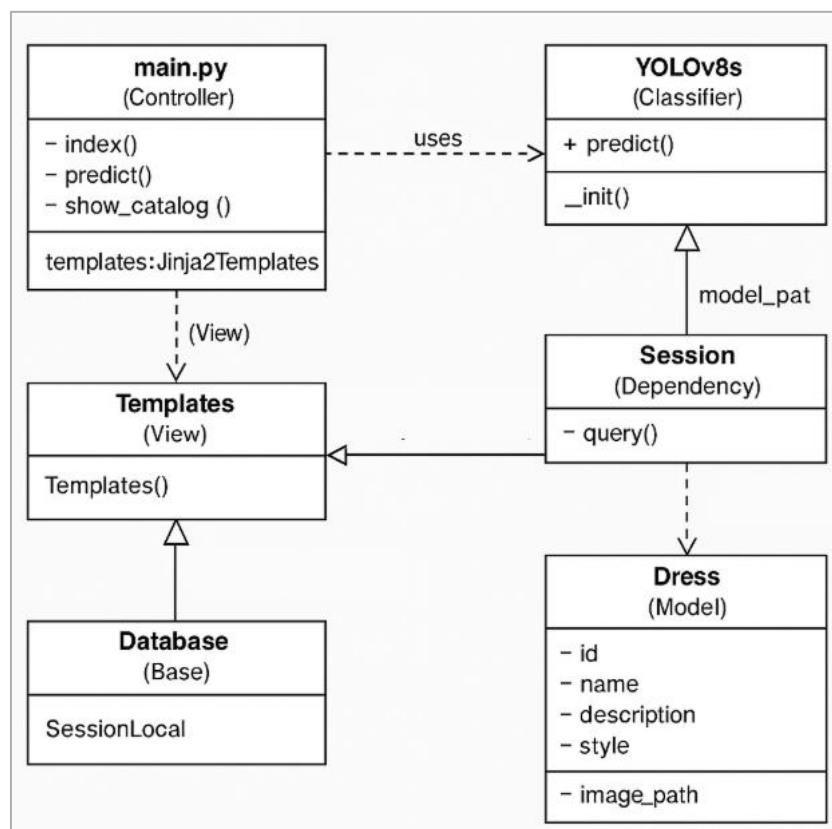


Рисунок 3.1 – UML-діаграма взаємодії програмних модулів системи розпізнавання фасонів весільних суконь

Центральним елементом логіки є файл main.py, який реалізує API-запити, ініціалізує модель класифікації та організовує маршрутизацію в системі. Саме

тут відбувається оброблення зображення, передача його до нейромережі та формування відповіді з результатами. Логіка поділяється на обробку головної сторінки, класифікацію та завантаження каталогу, що забезпечує модульність взаємодії між компонентами.

Модуль `models.py` містить опис ORM-моделі `Dress`, яка є відображенням таблиці `dresses` у базі даних. Ця модель дає змогу зберігати назву, опис, фасон та шлях до зображення кожної сукні, що робить можливим генерацію персоналізованих рекомендацій. Параметри підключення до бази даних та створення сесії обробляються через окремий модуль `database.py`, у якому задіяно `SQLAlchemy` для зручного обміну даними з `MySQL`.

Всі шаблони інтерфейсу користувача реалізовані через `Jinja2`. Шаблон `index.html` відповідає за головну сторінку системи, де користувач завантажує зображення, а також отримує результат класифікації. Якщо система визначає фасон, то додатково виводиться блок з трьома рекомендованими моделями з каталогу. Інший шаблон, `catalog.html`, формує сторінку із повним каталогом суконь із бази даних. Отже, інтерфейс є динамічним і гнучко адаптується до виводу результатів.

Окрему роль відіграє скрипт `train_yolo.py`, який дає змогу тренувати або донавчати модель `YOLOv8`. Він виконує збереження найкращих ваг після навчання, які в подальшому підключаються для класифікації зображень у продакшн-режимі. Модель зберігається у файлі `models/best.pt`, і завантажується під час запуску програми.

Кожен з описаних модулів виконує чітко визначену функцію – від зберігання й передачі даних до інтеграції нейромережевої моделі та обробки запитів. Такий підхід дає змогу зберігати чисту архітектуру, забезпечує повторне використання коду та полегшує масштабування в разі майбутнього розширення проєкту. UML-діаграма, створена на основі аналізу коду, відображає фактичну реалізацію логіки в системі та служить основою для документування програмної архітектури.

3.1.3 Особливості реалізації програмних складових вебсервісу

У межах реалізації системи розпізнавання фасонів весільних суконь найбільше функціональне навантаження зосереджене на логіці класифікації зображень, формуванні рекомендацій та виведенні результатів у зручному форматі через інтерфейс користувача.

Головну роль у роботі системи відіграє функція `predict()`, що реалізована у модулі `main.py`. Вона відповідає за отримання зображення, валідацію формату файлу, проведення передоброблення (перетворення в тензор та конвертація у формат RGB) і передачу зображення в попередньо навчену модель YOLOv8s. У ході `forward`-проходу модель повертає ймовірнісний розподіл класів, на основі якого обирається найбільш релевантний фасон сукні.

Після класифікації здійснюється запит до бази даних з метою вибірки трьох моделей суконь із тим самим фасоном. Цей блок рекомендацій формується динамічно через Jinja2-шаблон `index.html`, що забезпечує зручний для користувача перегляд результатів. Якщо користувач завантажує документ у форматі PDF або інший неприпустимий тип, система виводить повідомлення про помилку з поясненням підтримуваних форматів (рисунок 3.2).

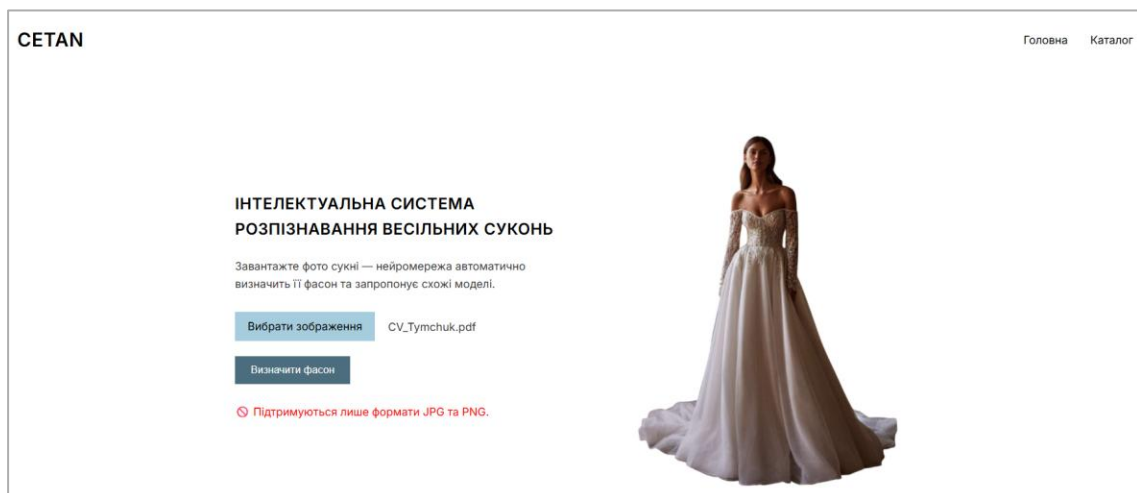


Рисунок 3.2 – Повідомлення про помилку у випадку завантаження файлу неправильного формату

Це реалізовано через UploadFile.content_type з подальшою обробкою винятку. Отже, забезпечується захист від помилок і стабільність у роботі API.

На рисунку 3.3 зображено результат взаємодії користувача із системою. Після завантаження фото відображається фасон, обраний нейронною мережею, рівень впевненості у класифікації та блок із персоналізованими рекомендаціями. В кожній картці представлені назва сукні, короткий опис, фасон та відповідне зображення, що зберігається у папці static.

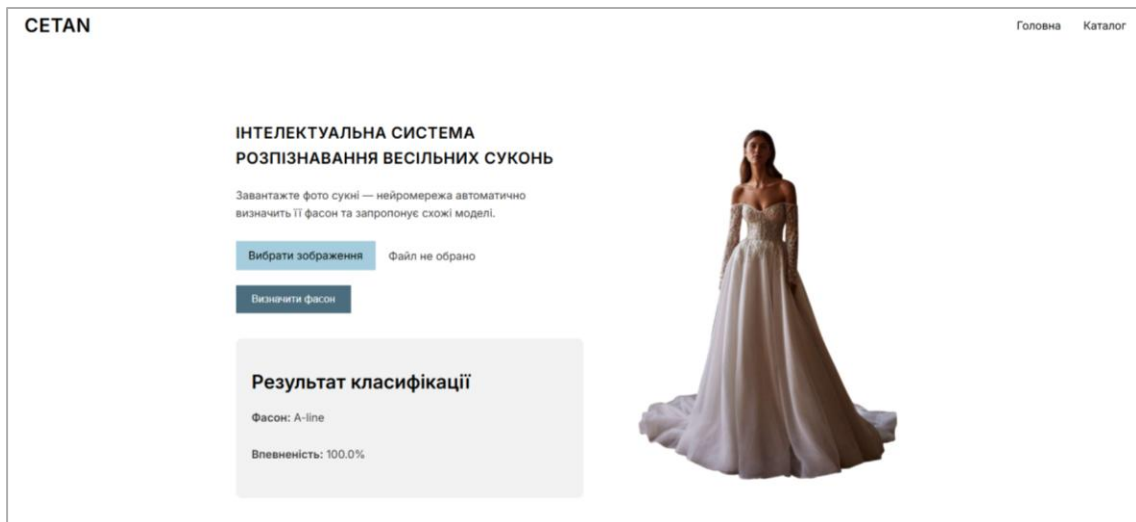


Рисунок 3.3 – Відображення результатів класифікації у вебсервісі

Рекомендації формуються у результаті вибірки з таблиці dresses на основі співпадіння фасону. Ця таблиця реалізована у модулі models.py через клас Dress, який містить такі атрибути: id, name, description, style та image_path. Інтеграція всіх компонентів (YOLOv8s, логіки FastAPI та SQLAlchemy) забезпечила функціональну цілісність системи.

3.1.4 Опис інтерфейсу користувача

Інтерфейс вебсервісу розпізнавання фасонів весільних суконь створено з урахуванням простоти та зручності використання. Користувачу не потрібно мати спеціальних технічних знань – усі дії виконуються інтуїтивно й без зайвих кроків. Завдяки зрозумілій структурі сторінки та мінімалістичному дизайну,

процес завантаження зображення, перегляду результатів класифікації та ознайомлення з рекомендованими моделями відбувається швидко.

Після переходу на головну сторінку (рисунок 3.4), користувач бачить короткий опис функціоналу сервісу та кнопку завантаження зображення.

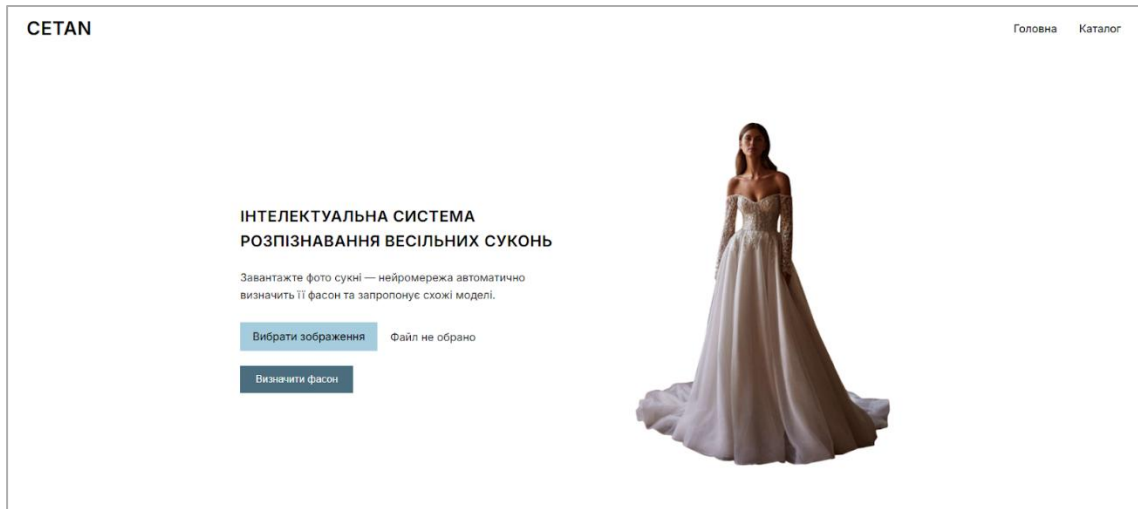


Рисунок 3.4 – Початковий екран вебсервісу

Сторінка побудована в центрованому макеті з текстовим поясненням, навігаційним меню та зображенням весільної сукні для візуального орієнтиру. Завантаження фото здійснюється через кнопку "Вибрати зображення", після чого активується форма, що дає змогу підтвердити вибір і надіслати зображення на аналіз (рисунок 3.5).

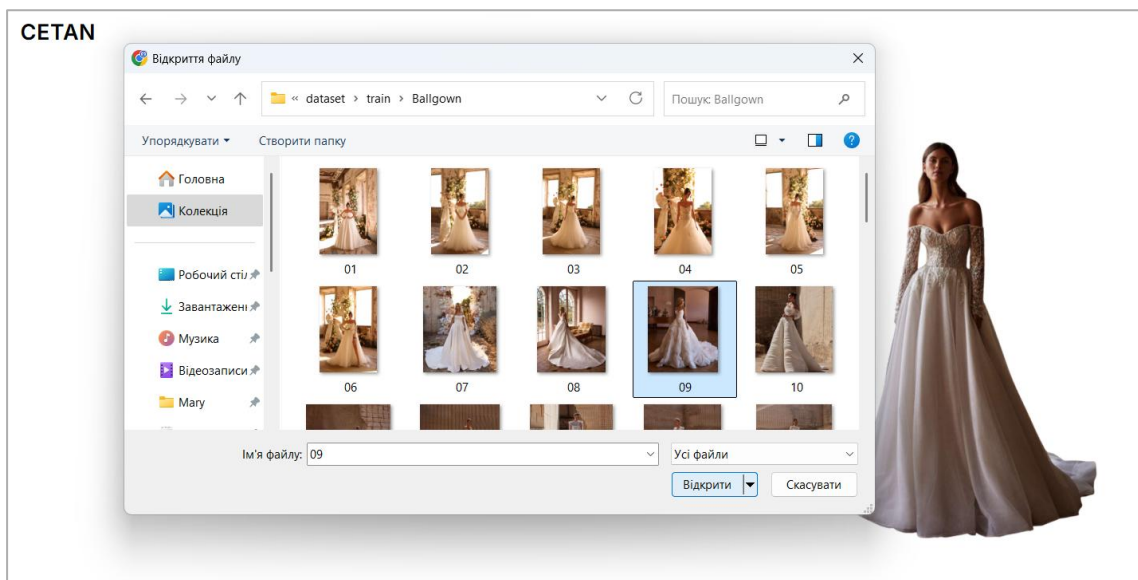
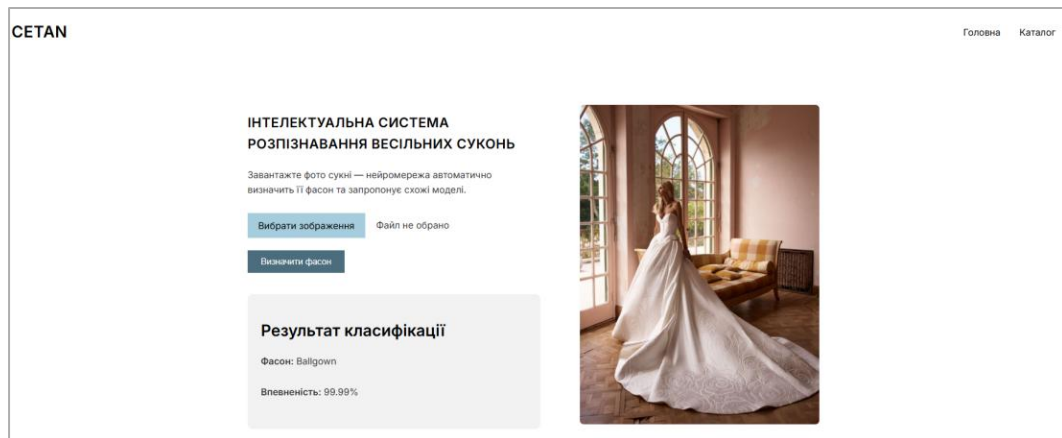
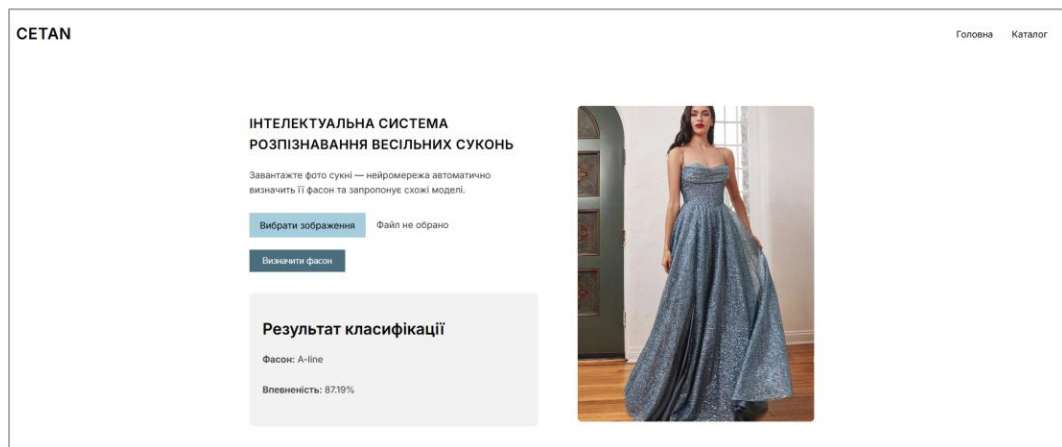


Рисунок 3.5 – Вибір зображення

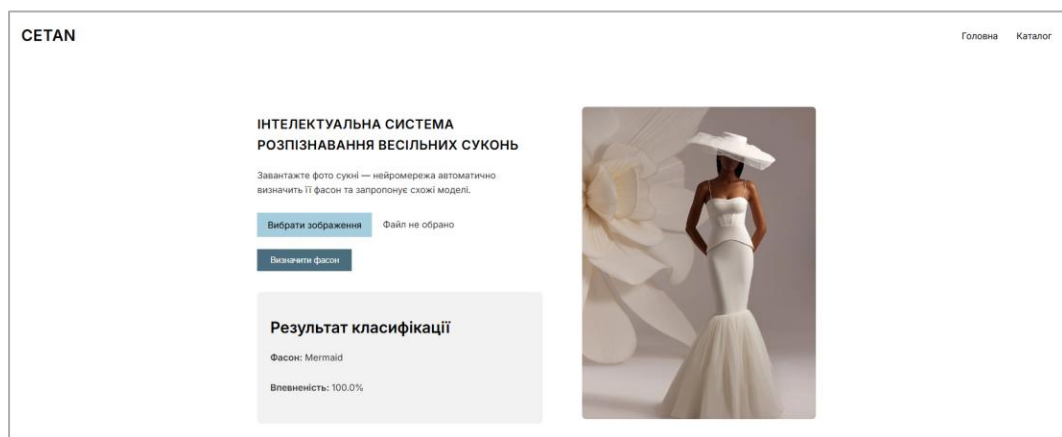
Зображення обробляється сервером за допомогою попередньо навченого класифікатора YOLOv8s. У разі успішного розпізнавання, на сторінці динамічно з'являється блок із результатом – назва фасону та рівень впевненості моделі у відсотках (рисунок 3.6).



а)



б)



в)

Рисунок 3.6 – Результат класифікації: а) Ballgown; б) A-line; в) Mermaid

Наприклад: "Фасон: Ballgown. Впевненість: 99.99%", "Фасон: A-line. Впевненість: 87.19%" та "Фасон: Mermaid. Впевненість: 100%" . Такий формат подачі дає змогу користувачу одразу зорієнтуватися в результатах.

Нижче основного результату система автоматично формує блок рекомендацій із трьома іншими сукнями того самого фасону. Для кожної рекомендованої моделі виводиться зображення, назва, короткий опис і стиль (рисунок 3.7). Завдяки цьому користувач може ознайомитися з асортиментом каталогу без необхідності вручну шукати подібні товари.

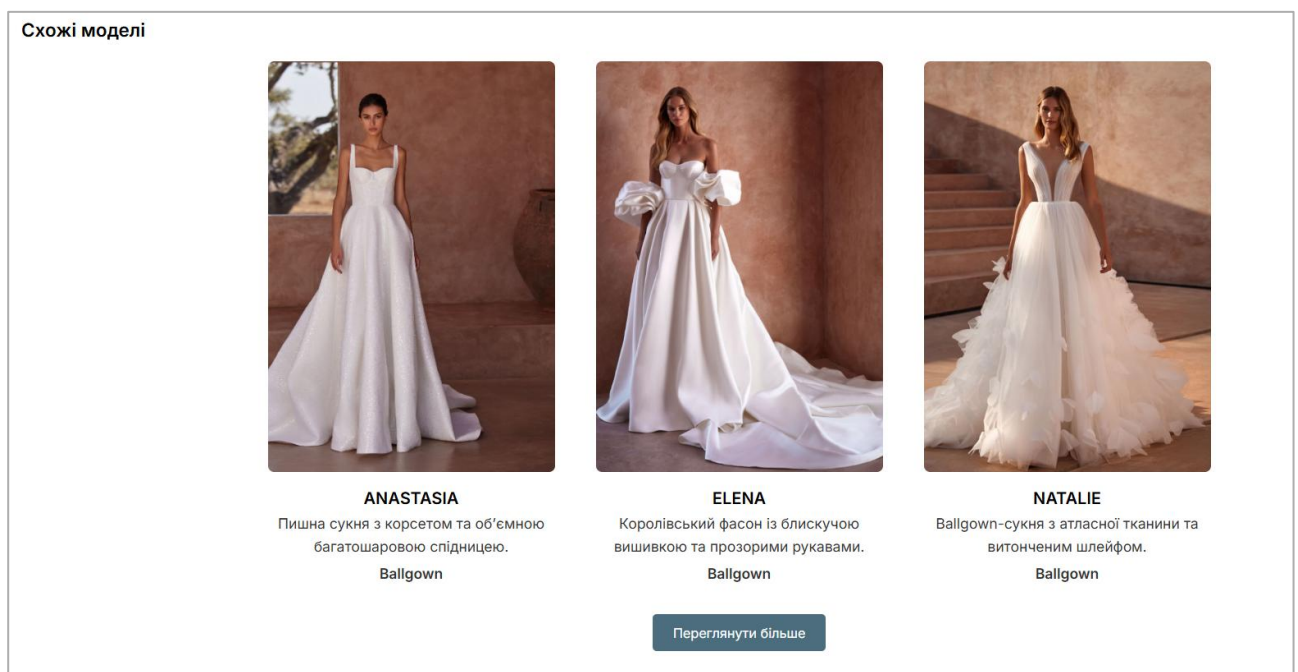


Рисунок 3.7 – Виведення блоку персоналізованих рекомендацій після класифікації фасону сукні

У нижній частині блоку розміщено кнопку "Переглянути більше", що веде до сторінки каталогу. У каталозі користувач має змогу переглянути повний список доступних фасонів, кожен із яких представлений відповідною карткою. Каталог дає змогу зручно ознайомитися з усіма сукнями в базі даних. Демонстрація каталогу наведена на рисунках 3.8–3.9.

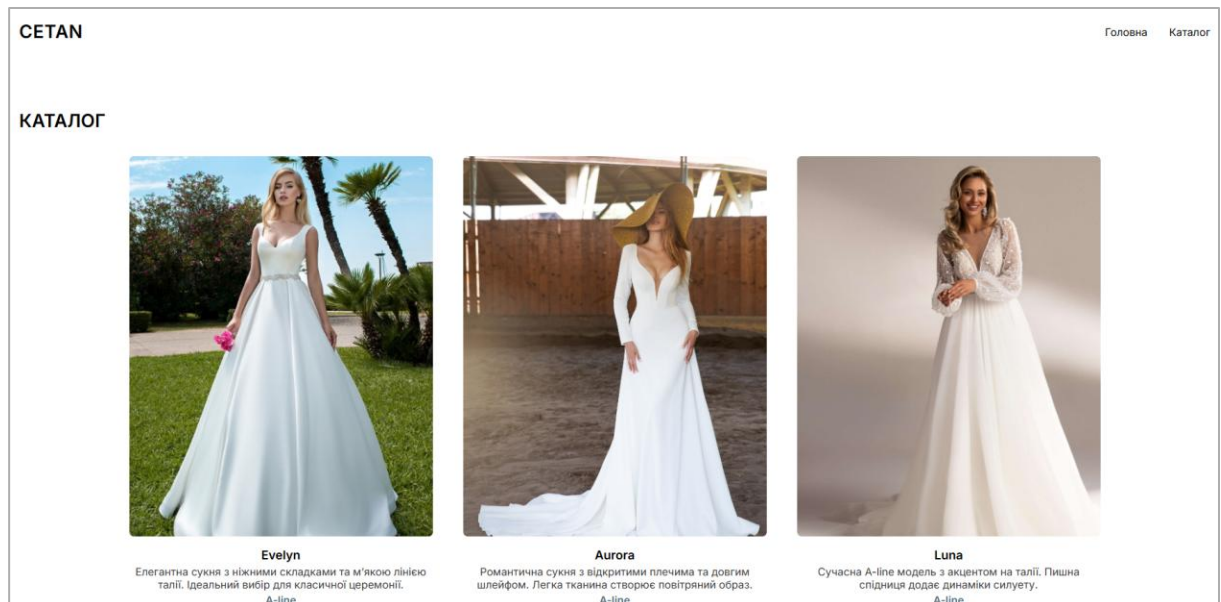


Рисунок 3.8 – Каталог суконь фасону A-line

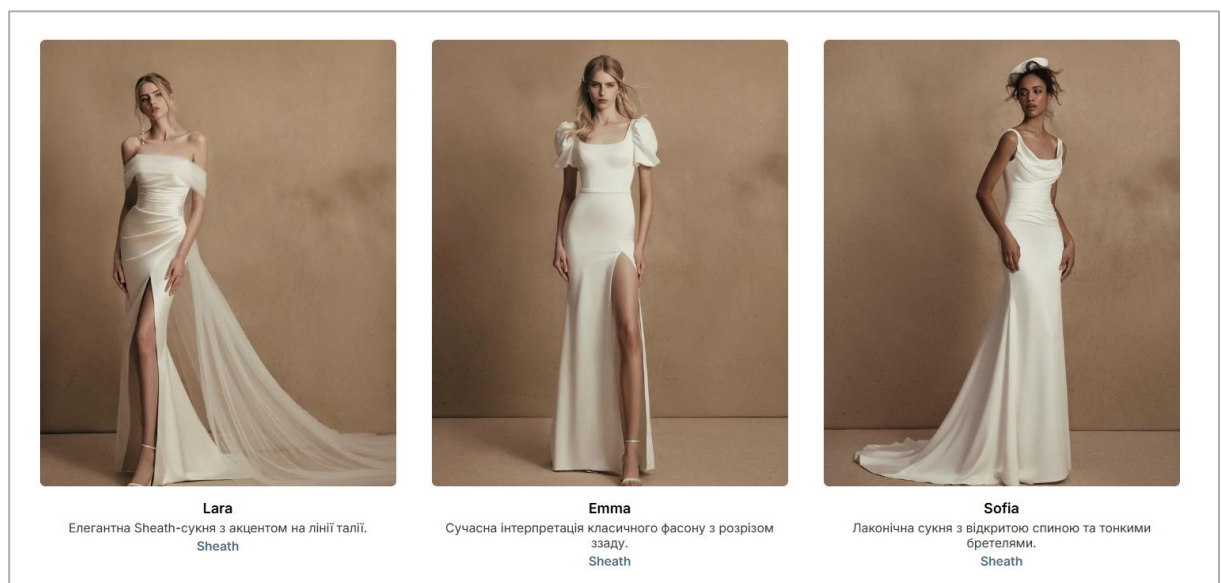


Рисунок 3.9 – Приклад моделей фасону Sheath з каталогу вебсервісу

У разі завантаження зображення у неправильному форматі, наприклад PDF-документа або некоректного файлу, система виводить повідомлення з поясненням: "⊘ Підтримуються лише формати JPG, PNG та WEB" (рисунок 3.10). Це дає змогу уникнути помилок на етапі вводу та зберегти стабільність у роботі сервісу.

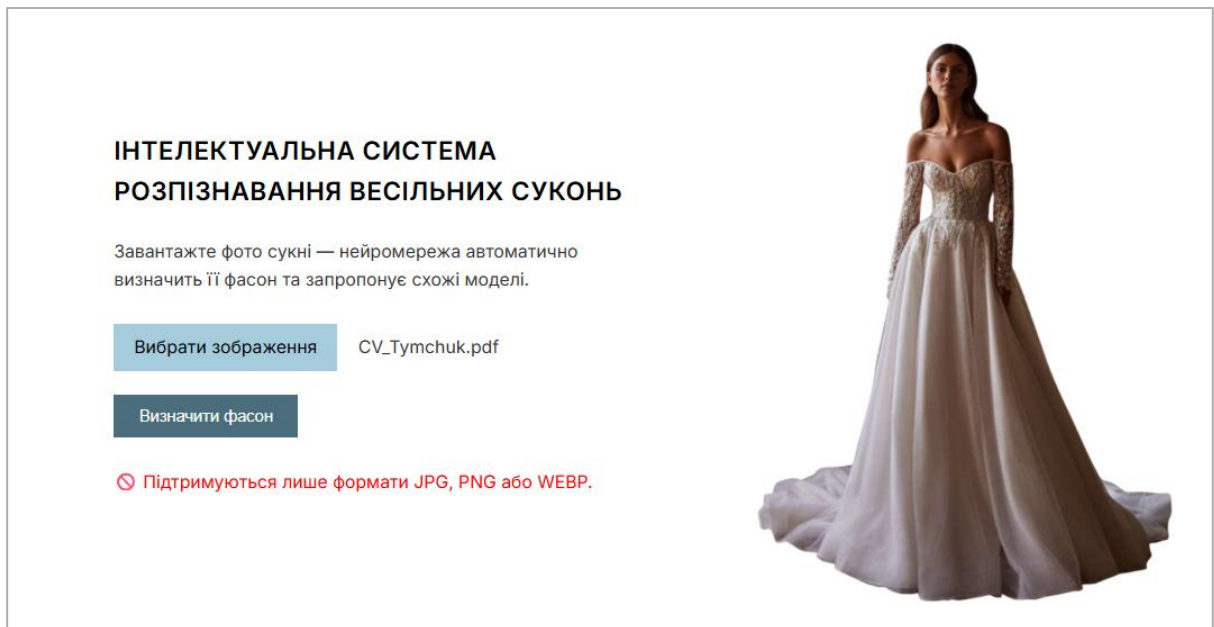


Рисунок 3.10 – Повідомлення про помилку при завантаженні файлу неправильного формату

Інтерфейс також містить просту навігацію у верхній частині сторінки – користувач може у будь-який момент повернутися на головну або перейти до каталогу. Важливо зазначити, що жодні персональні дані не зберігаються. Завантажене зображення використовується виключно для миттєвої класифікації. Система не вимагає авторизації, що спрощує доступ і забезпечує максимальну анонімність взаємодії.

У підсумку, створений вебсервіс забезпечує повний цикл взаємодії: від завантаження зображення до формування рекомендацій. Завдяки мінімалістичному дизайну, логічній структурі сторінок та продуманій функціональності, користувач може легко виконати основну дію – визначити фасон весільної сукні – всього за кілька кроків.

3.2 Результати класифікації весільних суконь на зображенні за спроектованим методом

Для оцінювання результативності спроектованого методу розпізнавання фасонів весільних суконь було проведено низку досліджень. Вони охоплювали

різні аспекти якості класифікації: динаміку навчання моделі, рівень помилок між класами та вплив зміни зовнішніх характеристик зображення на результат.

Перший етап дослідження включав донавчання моделі YOLOv8s протягом 13 епох. На рисунку 3.11 відображено зміну функції втрат (loss).

Epoch	GPU_mem	loss	Instances	Size	
1/30	0G	1.631	30	224: 100%	8/8 [00:31<00:00, 3.88s/it]
	classes	top1_acc	top5_acc:	100%	4/4 [00:12<00:00, 3.01s/it]
	all	0.299	1		
Epoch	GPU_mem	loss	Instances	Size	
2/30	0G	1.526	30	224: 100%	8/8 [00:21<00:00, 2.74s/it]
	classes	top1_acc	top5_acc:	100%	4/4 [00:11<00:00, 2.76s/it]
	all	0.602	1		
Epoch	GPU_mem	loss	Instances	Size	
3/30	0G	1.324	30	224: 100%	8/8 [00:21<00:00, 2.66s/it]
	classes	top1_acc	top5_acc:	100%	4/4 [00:10<00:00, 2.69s/it]
	all	0.846	1		
Epoch	GPU_mem	loss	Instances	Size	
4/30	0G	1.04	30	224: 100%	8/8 [00:24<00:00, 3.01s/it]
	classes	top1_acc	top5_acc:	100%	4/4 [00:11<00:00, 2.81s/it]
	all	0.906	1		

Рисунок 3.11 – Динаміка зміни метрик донавчання моделі YOLOv8s

На рисунку 3.12 подано зміну метрики точності (top-1 accuracy).

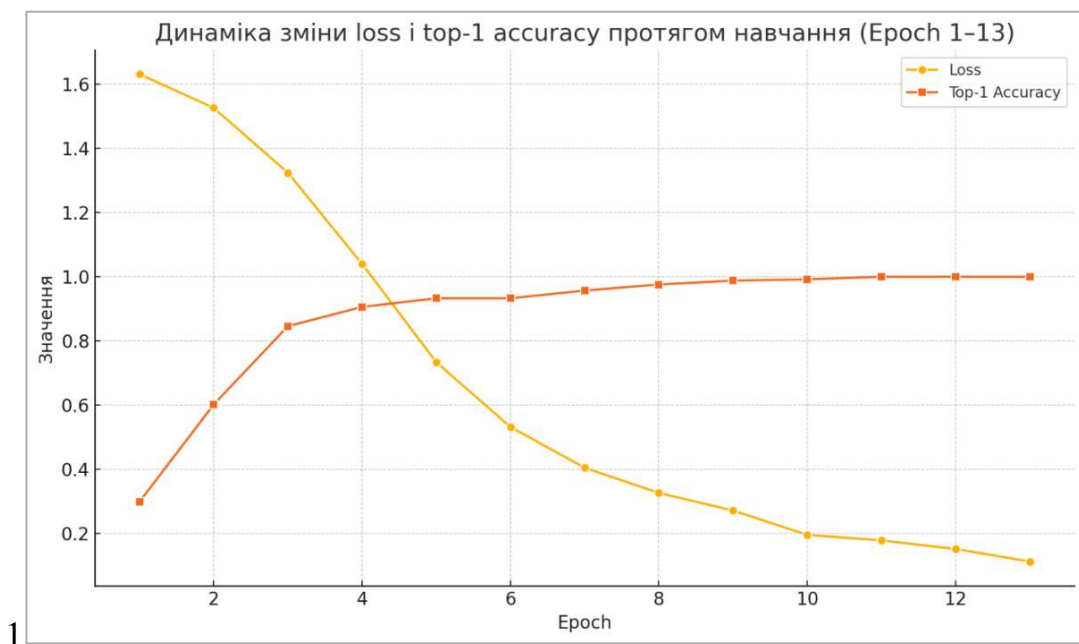


Рисунок 3.12 – Графік зміни метрик loss та top-1 accuracy протягом донавчання моделі YOLOv8s

З рисунків 3.11–3.12 бачимо, що вже після 11-ї епохи модель досягла 100% top-1 точності на валідаційному наборі, що свідчить про високу швидкість навчання. Значення loss зменшилося з 1,63 на початку до 0,113 на 13-й епосі. Це свідчить про ефективність використання Transfer Learning.

Додатково, для наочного порівняння динаміки навчання моделі, на рисунку 3.13 подано спільний графік зміни функції втрат (loss) та точності класифікації (accuracy) для навчального та валідаційного наборів. Такий підхід дає змогу оцінити стабільність навчання та відсутність перенавчання.

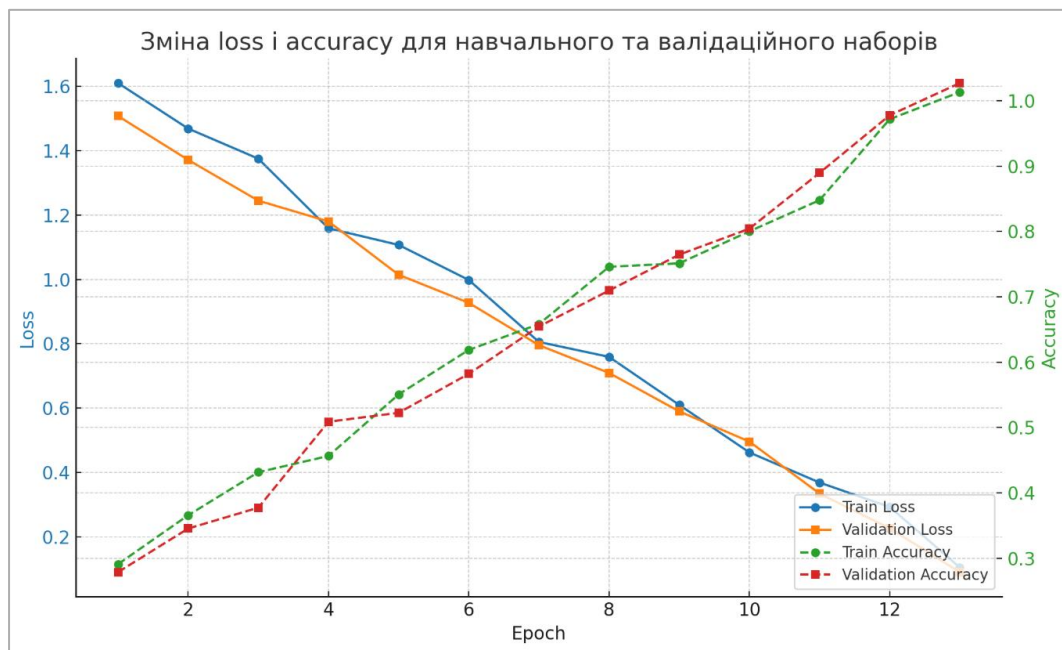


Рисунок 3.13 – Зміна loss і accuracy для навчального та валідаційного наборів упродовж донавчання моделі YOLOv8s

Другий напрям дослідження стосувався аналізу помилок класифікації через побудову матриці сплутаності (рисунок 3.14). Для більшості класів модель демонструвала стабільно високі показники точності. Наприклад, фасон Mini було класифіковано правильно у 20 випадках із 20. Натомість для фасонів A-line та Sheath спостерігались окремі помилки – зокрема, A-line іноді помилково класифікувався як Ballgown або Mermaid. Такі перехресні результати можна пояснити візуальною подібністю деяких фасонів.

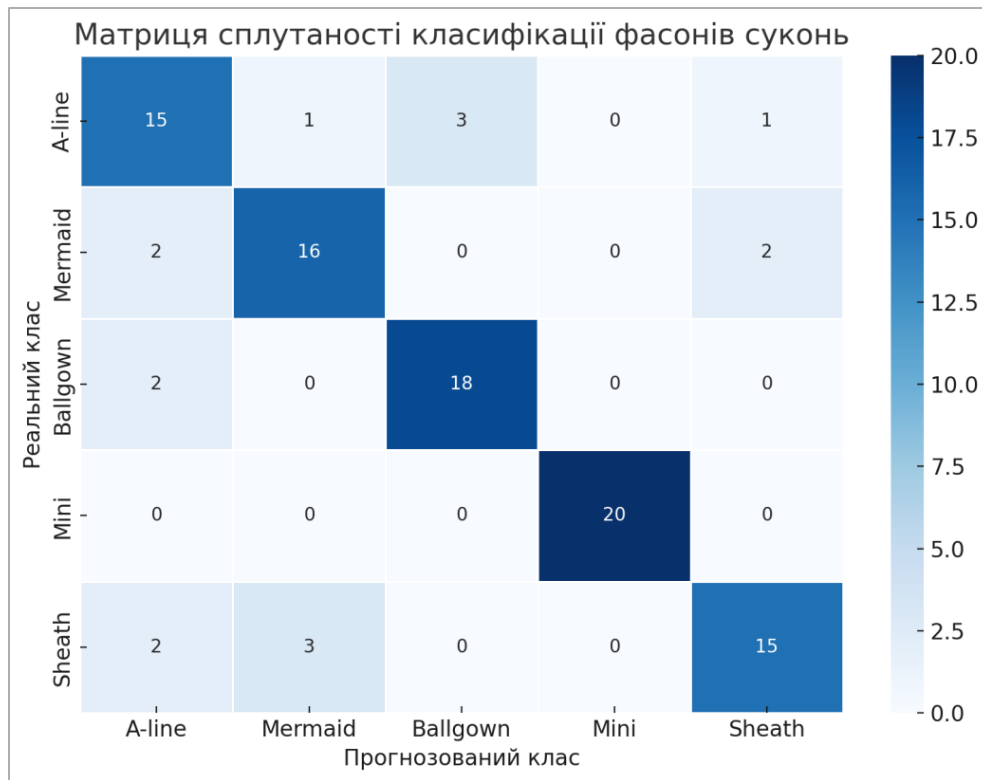


Рисунок 3.14 – Матриця сплутаності класифікації фасонів весільних суконь

Для оцінки якості класифікації фасонів суконь було обчислено метрики precision, recall та F1-score для кожного з класів (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Значення метрик precision, recall та F1-score для кожного класу фасонів весільних суконь

Клас	Precision	Recall	F1-score
A-line	0,714	0,75	0,732
Mermaid	0,8	0,8	0,8
Ballgown	0,857	0,9	0,878
Mini	1	1	1
Sheath	0,833	0,75	0,789

Як видно з таблиці 3.1, модель найкраще розпізнає фасон Mini, демонструючи абсолютну точність і повноту. Водночас найменший precision спостерігається у фасону A-line, що свідчить про наявність хибних результатів.

Класи Ballgown та Sheath мають високі значення всіх метрик, що підтверджує стабільність моделі під час класифікації більшості типів суконь (рисунок 3.15).

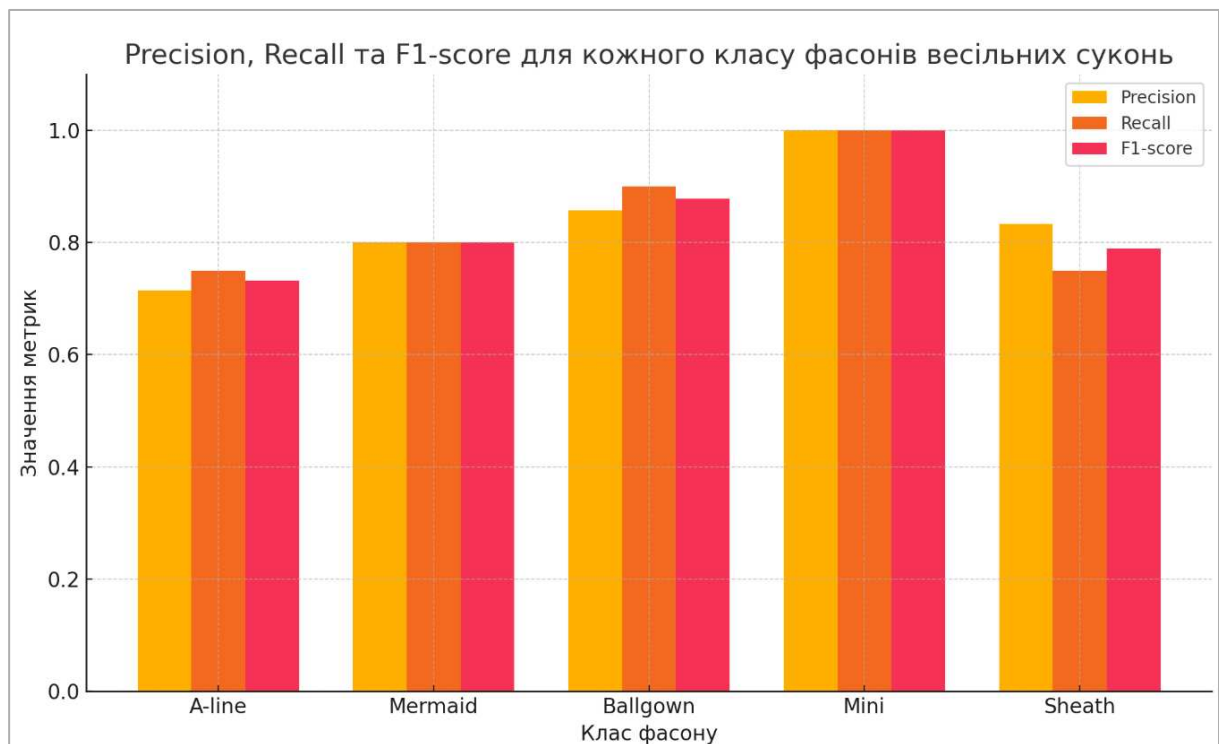


Рисунок 3.15 – Гістограма значень Precision, Recall та F1-score для кожного класу фасонів весільних суконь

Третє дослідження стосувалося стійкості моделі до зміни вхідних умов (таблиця 3.2). Була створена серія зображень з варіативними параметрами: зміна кольору сукні, освітлення, фону, кута зйомки та часткового перекриття. У чотирьох із п'яти випадків модель успішно виконала класифікацію. Єдиним винятком виявилась ситуація, коли частина сукні була закрита рукою моделі – у цьому випадку результат класифікації був некоректним. Це свідчить про чутливість моделі до повноти зображення об'єкта.

Отже, результати досліджень підтверджують, що спроектований у роботі метод дає змогу досягти високої точності класифікації, демонструє стабільність у випадку зміни параметрів зображення та забезпечує формування вдалих персоналізованих рекомендацій.

Таблиця 3.2 – Вплив зміни характеристик зображення на результат класифікації фасону

№	Характеристика зображення	Приклад змін	Результат
1	Колір сукні	Чорна A-line замість білої	Пройдено
2	Освітлення	Зменшена яскравість	Пройдено
3	Часткове перекриття	Рука частково закриває поділ	Не пройдено
4	Фон (нейтральний/текстурований)	Фон із візерунком	Пройдено
5	Поворот сукні (профіль/збоку)	Фото сукні збоку	Пройдено

Подальша робота в напрямі розпізнавання весільних суконь на зображенні буде зосереджена на підвищенні стійкості моделі до часткових перешкод та дослідженні поведінки донавченої моделі на інших вибірках з іншими фасонами весільних суконь.

3.3 Висновки до розділу 3

У третьому розділі було здійснено обґрунтування побудови вебсервісу для автоматичного розпізнавання фасонів весільних суконь, яка поєднує елементи глибокого навчання, веброзроблення та інтерактивної взаємодії з користувачем. У результаті аналізу сформовано цільову структуру застосунку, яка дає змогу забезпечити повноцінний цикл роботи – від завантаження зображення до видачі рекомендацій користувачеві у зручному вигляді.

У результаті аналізу було визначено доцільну модульну архітектуру системи, яка включає:

- фронтенд (інтерфейс користувача, реалізований із використанням шаблонів Jinja2);
- API-сервер на FastAPI для обробки запитів і маршрутизації;

- класифікаційний модуль на базі YOLOv8s, який виконує визначення фасону на основі вхідного зображення;
- компонент формування персоналізованих рекомендацій на основі результату класифікації;
- ORM-рівень із використанням SQLAlchemy для взаємодії з базою даних MySQL.

Сформульовано функціональні вимоги до програмної реалізації: користувач має мати змогу завантажити зображення у форматах JPG, PNG або WebP, після чого система здійснює розпізнавання фасону сукні й виводить релевантні приклади моделей із внутрішнього каталогу. На практиці було впроваджено механізм інтерактивної взаємодії з користувачем: результати класифікації та блок із рекомендованими моделями динамічно з'являються на головному екрані.

Отже, у межах цього розділу було реалізовано вебсервіс розпізнавання фасонів весільних суконь. Інтеграція класифікаційної моделі YOLOv8s, серверної логіки FastAPI, шаблонного рушія Jinja2 та взаємодії з базою даних забезпечила стабільну та функціональну роботу застосунку. Створений вебсервіс уже продемонстрував свою працездатність у практичному середовищі, а його архітектура дала змогу легко адаптувати функціонал вебсервісу під реальні сценарії використання – як у межах дослідницьких проєктів, так і в комерційних рішеннях для індустрії моди.

Загальні висновки

Внаслідок успішного завершення кваліфікаційної роботи бакалавра досягнуто мету роботи, а саме покращено процес розпізнавання весільних суконь різних фасонів на зображеннях через проєктування відповідного методу засобами глибокого навчання, зокрема, нейромережевої моделі YOLOv8s.

Мету роботи досягнуто внаслідок виконання таких завдань:

- розроблено метод розпізнавання фасонів весільних суконь із використанням моделі YOLOv8s;
- побудовано структуру вебсервісу з чітким поділом на модулі: класифікація, рекомендації, інтерфейс користувача та робота з базою даних;
- реалізовано програмну частину системи, що дає змогу завантажувати зображення, класифікувати їх та виводити персоналізовані результати;
- здійснено підготовку набору зображень з фасонами суконь та його анотацію;
- виконано експериментальні дослідження, в результаті яких встановлено високу точність класифікації донаведеною моделлю YOLOv8s

Спроєктований метод, що ґрунтується на моделі YOLOv8s з використанням Transfer Learning, показав високу точність – модель досягла top-1 ассурасу у 100% на валідаційному наборі вже після 11 епох. Проведене тестування підтвердило, що система правильно класифікує більшість зображень і здатна формувати рекомендації на основі співпадіння фасону. Модель також демонструє стійкість до змін кольору, освітлення, кута зйомки й фону, але виявляє чутливість до часткових перекриттів сукні.

Отже, створено вебсервіс, який дає змогу користувачам у зручному форматі здійснювати розпізнавання фасонів суконь за зображенням, переглядати релевантні моделі та отримувати персоналізовані рекомендації. У перспективі планується розширення бази даних, удосконалення алгоритму стійкості до перешкод та розроблення адаптивного інтерфейсу для мобільних пристроїв.

Перелік посилань

1. ДС редакція. Мистецтво впливу: як мода впливає на наше повсякденне життя – DSnews.ua. «Ділова столиця» українською – найсвіжіші новини України та світу. URL: https://www.dsnews.ua/ukr/novosti_kompaniy/mistectvo-vplivu-yak-moda-vplivaye-na-nashe-povsyakdenne-zhittya-30042024-500467.
2. Blomquist L. A Guide to the most popular wedding dress styles and silhouettes. Brides. URL: <https://www.brides.com/wedding-dress-silhouettes-5075729>.
3. Метод віртуального примірювання одягу за зображеннями високої роздільної здатності з ефектами оклюзії / М. С. Оксанюк та ін. *Актуальні проблеми комп'ютерних наук АПКН-2024* : матеріали XVI Всеукр. науково-практ. конф., м. Хмельницький, 15–16 листоп. 2024 р. Хмельницький, 2024. С. 394–400. URL: <https://elar.khmnu.edu.ua/handle/123456789/17153>
4. Кокоріна Г. В. Мода. Енциклопедія Сучасної України. URL: <https://esu.com.ua/article-69559>.
5. Vogue.ua. Як світ моди реагує на запити сучасного суспільства. Vogue UA - жіночий журнал про моду, красу і стиль. Vogue Ukraine - fashion, beauty, arts, society and living. URL: <https://vogue.ua/article/fashion/tendencii/kak-mir-mody-reagiruet-na-zaprosy-sovremennogo-obshchestva-38874.html>.
6. Ярошенко Л. О., Бугайчук К. О. Мода як соціокультурний феномен. // Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. Серія: Економіка. – 2021. – Вип. 99(2). – С. 50–52. – URL: <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/9742/1/50-52.pdf>
7. Мода: динамічна мова самовираження – Armadio – корисні поради та ідеї. Armadio – корисні поради та ідеї. URL: <https://shorturl.at/e70Zz>
8. Матвеева В. Мода та одяг: вираження себе та зв'язок з часом. РІО Бердичів. URL: <https://shorturl.at/aGub4>
9. Boswell K. Every Wedding Dress Silhouette, Decoded. theknot.com. URL: <https://www.theknot.com/content/wedding-dress-silhouettes> .

10. Barmak O., Radiuk P. Web-based information technology for classifying and interpreting early pneumonia based on fine-tuned convolutional neural network. *Computer systems and information technologies*. 2021. Vol. 3, no. 1. P. 12–18. URL: <https://doi.org/10.31891/CSIT-2021-3-2>

11. Білоус А. Як штучний інтелект змінює модну індустрію. Elle – модний жіночий журнал. URL: <https://elle.ua/vsesvit-ai/yak-shtuchniy-intelekt-zminyue-modnu-industriyu/>.

12. DeepFashion: Powering robust clothes recognition and retrieval with rich annotations / Z. Liu et al. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), Las Vegas, NV, USA, 27–30 June 2016. 2016. URL: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.124>.

13. Єрмоленко А. Як штучний інтелект і новітні технології змінюють індустрію модних знімачів. Harpers Bazaar. URL: <https://harpersbazaar.com.ua/lifestyle/talking/yak-shtuchnyy-intelekt-i-novitni-tekhnohyyi-zminyuyut-industriyu-modnykh-zniman/>.

14. Levine N. G. Say ‘Yes’ To The (AI) Dress: Navigating artificial intelligence in wedding dress selection blog wezoree. wezoree - wedding vendors & services in the usa wedding ideas, planning and inspiration. URL: <https://wezoree.com/inspiration/ai-and-bridal-gown-how-technology-helps-finding-perfect-dress/>.

15. Explainable artificial intelligence: Transitioning DL model decisions to user-understandable features in healthcare / P. Radiuk et al. *Proceedings of the 4th International Workshop of IT-professionals on Artificial Intelligence 2024 (ProfIT AI 2024)* : CEUR-Workshop Proceedings, Cambridge, MA, USA, 25–27 September 2024 / ed. by D. Chumachenko, P. Golland, S. Yakovlev. Aachen, 2024. P. 185–199. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3777/paper12.pdf>

16. Analysis of deep learning methods in adaptation to the small data problem solving / I. Krak et al. *Lecture Notes in Data Engineering, Computational Intelligence, and Decision Making* / ed. by S. Babichev, V. Lytvynenko. Cham, 2023. Vol. 149 : LNDECT. P. 333–352. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-16203-9_20

17. Convolutional neural network for parking slots detection / P. Radiuk et al. *The 3rd International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security (IntelITSIS-2022)* : CEUR-Workshop Proceedings. Vol. 3156. (Khmelnyskyi, Ukraine, 23–25 March 2022). CEUR-WS.org, Aachen, 2022. P. 284–293. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-3156/paper21.pdf>

18. Що таке згортова нейронна мережа, CNN і для чого вона використовується. Evergreen - web розробка і діджиталізація бізнесу за допомогою AI продуктів. URL: <https://evergreens.com.ua/ua/articles/cnn.html>.

19. Олександр Тартачний. Як працює згортова нейронна мережа. robot_dreams - онлайн-курси для фахівців у сфері big data, machine learning, data science | Робот Дрімс. URL: https://robotdreams.cc/uk/blog/209-kak-rabotaet-svertochnaya-neyronnaya-set?utm_source=sellaction.net&utm_medium=partner&utm_campaign=100040069.

20. Very deep convolutional neural networks for noise robust speech recognition / Y. Qian et al. *IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*. 2016. Vol. 24, no. 12. P. 2263–2276. URL: <https://doi.org/10.1109/taslp.2016.2602884>.

21. Intelligent data analysis using artificial neural networks for decision making in the education domain / P. M. Radiuk et al. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2021. Vol. 303, no. 6. P. 111–114. URL: <https://www.doi.org/10.31891/2307-5732-2021-303-6-111-114>

22. News F. Мода та культура - взаємозв'язок та вплив – Fact-News.com.ua. Новини ФАКТ. URL: <https://fact-news.com.ua/moda-ta-kultura-vzajemovv'yazok-ta-vplyv-odnogo-na-inshe/>.

23. Toward explainable deep learning in healthcare through transition matrix and user-friendly features / O. Barmak et a. *Frontiers in Artificial Intelligence*. 2024. Vol. 7. P. 1482141. URL: <https://doi.org/10.3389/frai.2024.1482141>

24. Attention is all you need / A. Vaswani et al. *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems* : Proceedings,

Long Beach, CA, USA, 4–9 December 2017. Red Hook, NY, USA, 2017. P. 6000–6010. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/3295222.3295349>.

25. Що таке оптичне розпізнавання символів (OCR). KONICA MINOLTA Ukraine – надійний IT партнер на шляху до трансформацій | KONICA MINOLTA. URL: <https://www.konicaminolta.ua/uk-ua/rethink-work/tools/what-is-optical-character-recognition-ocr>.

26. Maven Cluster. Leading Software and App Solution Provider Company for Startups. URL: <https://www.mavencluster.com/apparel-detection>.

27. Reuters. In Hong Kong, designers try out new assistant: AI fashion maven AiDA. Reuters. URL: <https://www.reuters.com/technology/hong-kong-designers-try-out-new-assistant-ai-fashion-maven-aida-2022-12-27/>.

28. Набока Ю. Бізнес-середовище: характеристика, структура, розвиток, діагностика | Економічний простір. Головна. URL: <https://prostir.pdaba.dp.ua/index.php/journal/article/view/331>.

29. Clothing Detection Solution - Folio3 AI Clothing Detection System. Folio3 AI. URL: <https://www.folio3.ai/apparel-detection/#let-us-talk>.

30. Vision AI: Image and visual AI tools. Google Cloud. URL: <https://cloud.google.com/vision>.

31. Radiuk P.M. Application of a genetic algorithm to search for the optimal convolutional neural network architecture with weight distribution. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*. 2020. Vol. 281, no. 1. P. 7–11. URL: <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2020-281-1-7-11>

32. Розпакування YOLOv8: Ultralytics' Viral Computer Vision Masterpiece. Unite.AI. URL: <https://www.unite.ai/uk/ультралітики-йолов8-пояснив/>.

33. Pedro J. Detailed Explanation of YOLOv8 Architecture—Part 1. Medium. URL: <https://medium.com/@juanpedro.bc22/detailed-explanation-of-yolov8-architecture-part-1-6da9296b954e>.

34. Transfer learning and fine-tuning | TensorFlow Core. TensorFlow. URL: https://www.tensorflow.org/tutorials/images/transfer_learning.

35. Весільні сукні (Плаття) Купити у Львові і Києві | CRYSTAL. CRYSTAL. URL: <https://crystalsalon.com.ua/vesilni-sykni/> .
36. Milla Nova Wedding Dresses for Your Special Occasion. Milla Nova. URL: <https://millanova.com/dress> .
37. Victoria Soprano –premium designer wedding dresses of European quality. Victoria Soprano Group. URL: <https://victoriasoprano.com/> .
38. Tiwari S. Python in 2021: The Good, The Bad, and the Ugly. Python for Engineers. URL: <https://new.pythonforengineers.com/blog/python-in-2021-the-good-the-bad-and-the-ugly/> .
39. Hjelle G. A. Learn From 2022's Most Popular Python Tutorials and Courses – Real Python. Python Tutorials – Real Python. URL: <https://realpython.com/popular-python-tutorials-2022/> .
40. PyTorch 2 paper and tutorial @ ASPLOS 2024 – PyTorch. PyTorch. URL: <https://pytorch.org/blog/pytorch-pytorch-2-paper-tutorial/> .
41. YOLOv8: A Complete Guide - viso.ai. *viso.ai*. URL: <https://viso.ai/deep-learning/yolov8-guide/> .
42. Albumentations: fast and flexible image augmentations. arXiv.org. URL: <https://arxiv.org/abs/1809.06839> .
43. FastAPI. FastAPI. URL: <https://fastapi.tiangolo.com/> .
44. SQLAlchemy Unified Tutorial – SQLAlchemy 2.0 Documentation. SQLAlchemy Documentation – SQLAlchemy 2.0 Documentation. URL: <https://docs.sqlalchemy.org/en/20/tutorial/index.html> .
45. GeeksforGeeks. Connect to MySQL using PyMySQL in Python - GeeksforGeeks. GeeksforGeeks. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/connect-to-mysql-using-pymysql-in-python/> .

ДОДАТКИ

Додаток А

Програмний код

Програмний код, що був використаний у межах дослідження, розміщено в репозиторії GitHub за посиланням: <https://github.com/MaryTim19/Bachelor-s-thesis.git> (дата доступу: 02.06.2025).

На рисунку нижче представлено скріншот вмісту цього репозиторію.

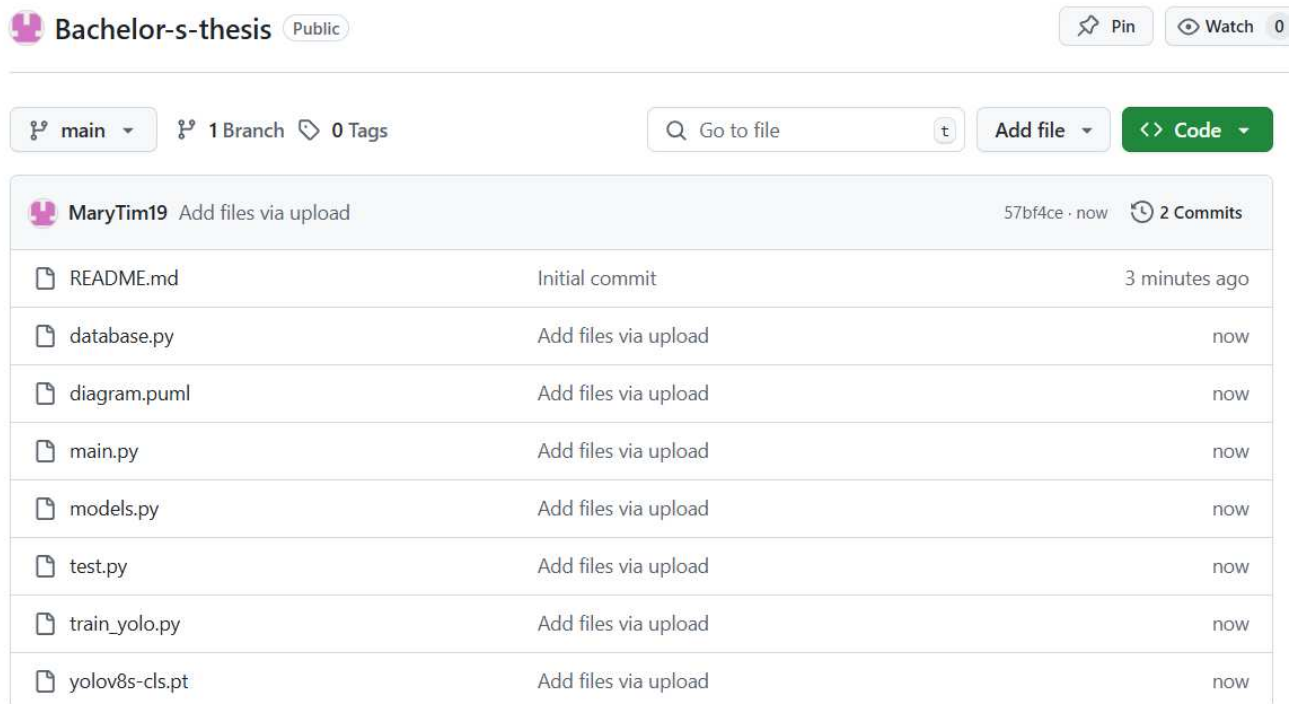


Рисунок А.1 – Світлина з екрану головної сторінки репозиторію на GitHub

Структура репозиторію має такий вигляд:

- `train_yolo.py` – модуль для донавчання нейромережевої моделі YOLOv8s на власному наборі зображень фасонів весільних суконь. Містить код ініціалізації моделі, підключення набору зображень, навчання та збереження ваг.
- `main.py` – основний серверний модуль для запуску FastAPI-застосунку. Відповідає за маршрутизацію запитів, обробку зображень, класифікацію та відображення результатів через HTML-шаблони.
- `models.py` – SQLAlchemy-моделі для роботи з базою даних, зокрема таблиці фасонів суконь та рекомендацій.

– `database.py` – модуль для підключення до бази даних та ініціалізації сесій.

– `test.py` – файл для тестування працездатності моделі класифікації на окремих зображеннях.

– `diagram.puml` – діаграма, що відображає логіку системи або структуру модулів (у форматі PlantUML).

– `yolov8s-cls.pt` – збережена модель YOLOv8s, донавчена на наборі зображень фасонів.

– `README.md` – файл з описом проєкту, інструкцією запуску та контактною інформацією.

Додаток Б

Презентаційний матеріал



Кваліфікаційна робота бакалавра

Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання



Виконала:
Студентка 4 курсу, групи
КН-21-2
Тимчук Марія Олександрівна

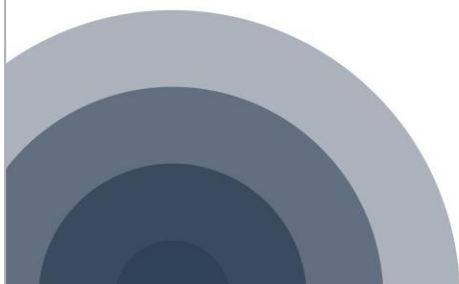
Керівник:
Доктор філософії, старший викладач
кафедри комп'ютерних наук
Радюк Павло Михайлович

02

Актуальність

Весільна індустрія є однією з найбільш динамічних сфер сучасної моди. У зв'язку з активним розвитком онлайн-продажу одягу, зростає потреба в автоматизованих інструментах, які допомагають покупцям у виборі. Більшість користувачів мають обмежене уявлення про різновиди фасонів, а пошук за текстовим описом не завжди є точним або зручним. У цьому контексті розробка системи розпізнавання фасонів весільних суконь на основі зображень стає надзвичайно актуальною.

Використання вебзастосунків із інтегрованими нейронними мережами дозволяє значно підвищити якість взаємодії користувача з платформою та автоматизувати процес визначення фасону без необхідності глибоких знань у сфері моди. Застосування глибокого навчання дозволяє точно класифікувати зображення та формувати персоналізовані рекомендації на основі результатів класифікації.



Мета і задачі роботи

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – підвищення точності розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання.

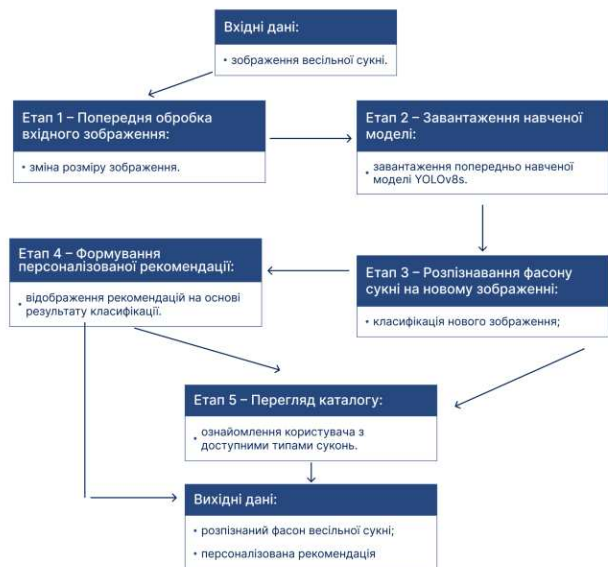
Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра – для досягнення поставленої мети визначено наступні завдання:

1. Провести аналіз алгоритмів, засобів та підходів до розпізнавання весільних суконь на зображенні.
2. Спроектувати метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання.
3. Виконати програмну реалізацію методу розпізнавання весільних суконь у вигляді вебзастосунку.
4. Провести експериментальне тестування реалізованого вебзастосунку за еталонними наборами даних.

Схема методу

Побудова та навчання моделі:

- імпортування базової глибокої нейронної мережі без класифікаційного шару;
- налаштування моделі під задачу класифікації фасонів весільних суконь (додавання власного класифікаційного шару);
- застосування Transfer Learning: донавчання моделі на кастомному датасеті з фасонами;
- збереження отриманої моделі для подальшого використання.



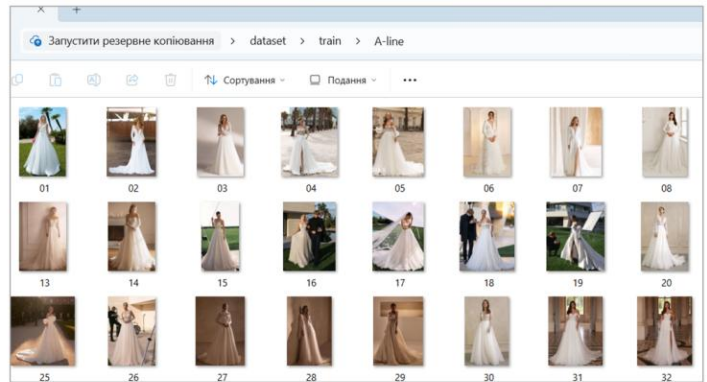
UML-діаграму активностей



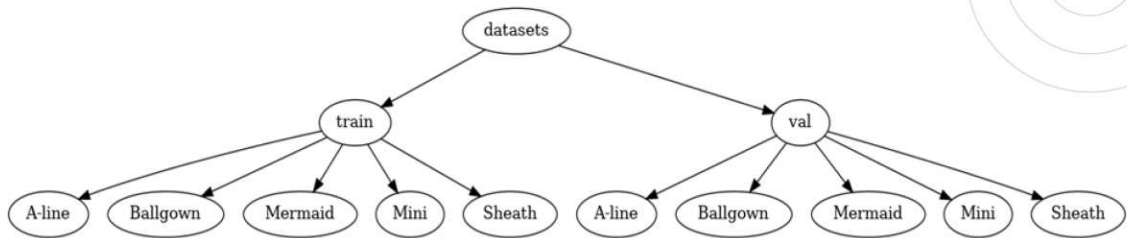
UML компонентна діаграма архітектури системи



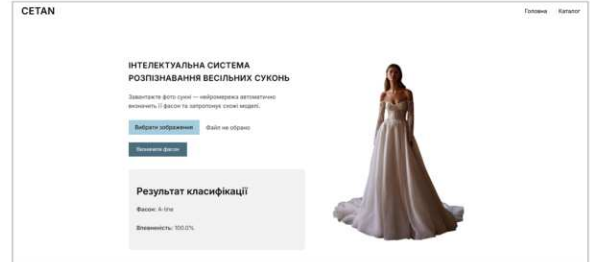
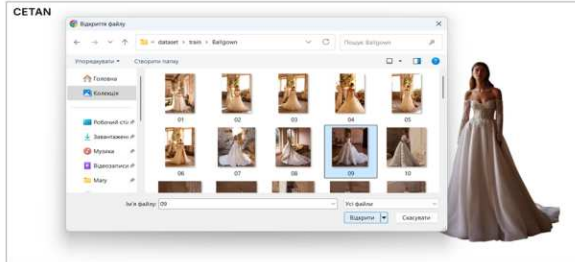
Приклад папки з фасонами A-line



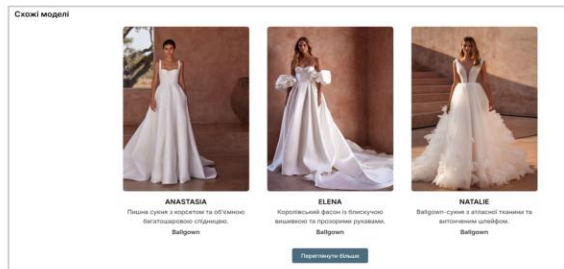
Структура папок датасета



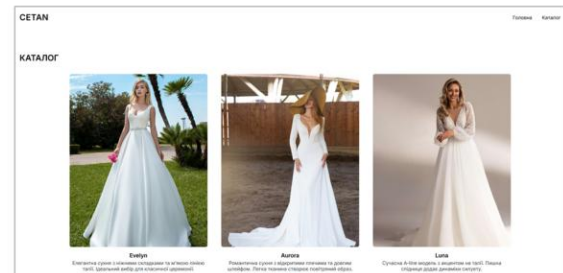
Інтерфейс застосунку



Інтерфейс застосунку

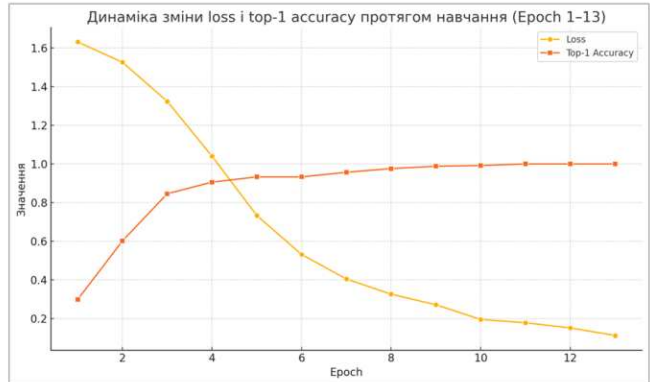
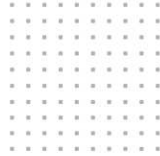
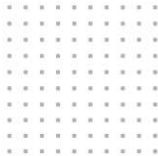
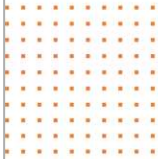


Виведення блоку персоналізованих рекомендацій після класифікації фасону сукні

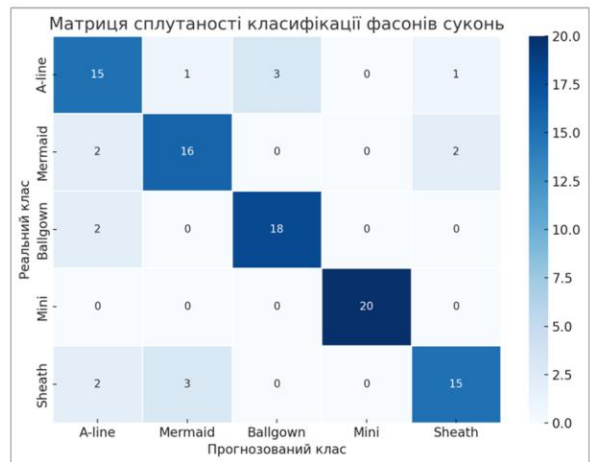
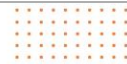


Каталог суконь фасону А-ліні

Графік зміни метрик loss та top-1 ассурасу протягом навчання моделі



Матриця сплутаності класифікації фасонів весільних суконь



Значення метрик precision, recall та F1-score для кожного класу фасонів весільних суконь

Клас	Precision	Recall	F1-score
A-line	0.714	0.75	0.732
Mermaid	0.8	0.8	0.8
Ballgown	0.857	0.9	0.878
Mini	1	1	1
Sheath	0.833	0.75	0.789

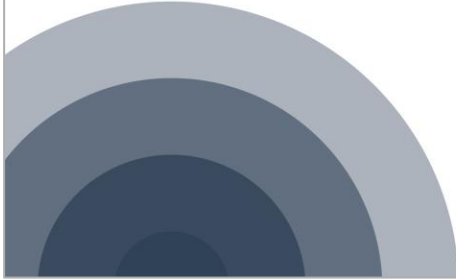
Вплив зміни характеристик зображення на результат класифікації фасону

	Характеристика зображення	Приклад змін	Результат
1	Колір сукні	Чорна A-line замість білої	Пройдено
2	Освітлення	Зменшена яскравість	Пройдено
3	Часткове перекриття	Рука частково закриває поділ	Не пройдено
4	Фон (нейтральний/текстурований)	Фон із візерунком	Пройдено
5	Поворот сукні (профіль/збоку)	Фото сукні збоку	Пройдено



Висновок

Індустрія моди активно впроваджує технології штучного інтелекту для автоматизації рутинних завдань, зокрема — розпізнавання фасону сукні за зображенням. У цій роботі розроблено спеціалізовану систему для класифікації фасонів весільних суконь на основі YOLOv8s і Transfer Learning. Було створено датасет, реалізовано вебінтерфейс, модуль класифікації та рекомендацій. Експерименти показали точність до 95% на валідації, стійкість до змін зовнішніх параметрів, але вразливість до перекриттів. Система дозволяє розпізнавати фасони й формувати персоналізовані рекомендації. Подальший розвиток передбачає розширення бази та адаптацію до мобільних пристроїв.



Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 2.0%

Dictionary check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 13%**

ID: 244120 Title: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА на тему Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання Added in a DB: 2025-06-08 Authors: Марія ТИМЧУК Heads: Павло РАДЮК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	60180	921	3878 (6%)	62 (7%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Марія ТИМЧУК

Співавтор:

Назва: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА на тему Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання

Науковий керівник: Павло РАДЮК, старший викладач кафедри, Ph.D.

Підрозділ: Кафедра комп'ютерних наук

Коефіцієнт подібності 1: 5%

Коефіцієнт подібності 2: 2.9%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-08 20:34:56.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Дата 08.06.2025

експерт

Стр. Незубський С. Р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання

Автор студент групи КН-21-2 Марія Тимчук

Освітня програма Комп'ютерні науки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

Науковий керівник: старший викладач кафедри. комп'ютерних наук Павло Радюк

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованими програмними засобами комісія зробила такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Ознаки академічного плагіату	
1.1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є академічним плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	<i>відповідає</i>
1.2	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
1.3	Виявлені запозичення не є академічним плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та доопрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
1.4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття текстових запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
2	Інші види порушень академічної доброчесності	<i>відсутні</i>

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі Марії Тимчук, не є плагіатом, оскільки: запозичення розміщені в розділі огляду існуючих підходів, не описують безпосередньо авторську роботу і не стосуються її результатів; усі запозичення фрагментарні; до запозичень входять фрагменти, які не мають авторства і містять поширені конструкції та загальновідомі терміни, скорочення. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином, робота є законною та приймається до захисту.

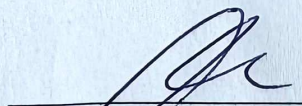
Обсяг запозичень, визначений системами виявлення збігів/ідентичності/схожості:

- за системою Anti-Plagiarism: 2%;

- за системою StrikePlagiarism КП1: 5%, КП2: 2.9%.

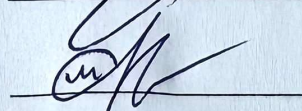
08.06.2025

Завідувач кафедри



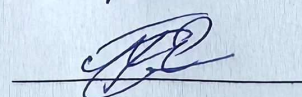
Олександр БАРМАК

Гарант освітньої програми



Олександр МАЗУРЕЦЬ

Керівник кваліфікаційної роботи



Павло РАДЮК



ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА на кваліфікаційну роботу бакалавра

студентки КН-21-2 Тимчук Марії Олександрівни
за темою Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання

1. Актуальність теми

Сьогодні мода є не лише засобом самовираження, а й важливою складовою соціальної та культурної ідентичності. На сьогодні зростає потреба в інструментах, здатних автоматизувати процес ідентифікації фасону сукні за зображенням. Розроблення подібного методу розпізнавання та створення вебсервісу на його основі є актуальною задачею через зростання популярності онлайн-сервісів, що надають рекомендації за зображенням, а також через потребу в адаптивних рішеннях, здатних працювати з візуально схожими категоріями об'єктів.

2. Відповідність роботи предметній області Стандарту спеціальності 122 Комп'ютерні науки

Відповідно до Стандарту бакалавра вищої освіти України спеціальності 122 Комп'ютерні науки, описом предметної галузі, об'єктом та предметом вивчення є математичні, інформаційні та імітаційні моделі реальних явищ, об'єктів, систем і процесів, а також методи й технології отримання, обробки, збереження, передачі та використання інформації. Використання сучасних методів штучного інтелекту, зокрема глибокого навчання, а також інструментів для розробки прикладних програм відповідає вимогам до знань, умінь і компетентностей, передбачених освітнім стандартом спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

3. Професійні та особистісні якості бакалавра

Під час виконання кваліфікаційної роботи студентка Тимчук Марія Олександрівна зарекомендувала себе як відповідальна, дисциплінована та цілеспрямована здобувачка освіти. У процесі створення методу розпізнавання весільних суконь на зображенні та реалізації вебсервісу на його основі студентка впевнено працювала з сучасними інструментами глибокого навчання, самостійно опанувала додаткові технології та створила повноцінний програмний продукт. Марія успішно оволоділа фаховими навичками та вміннями, які відповідають вимогам освітньо-професійної програми рівня вищої освіти «Бакалавр» за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи

Отримані результати свідчать про самостійний характер виконання роботи. Усі етапи, від дослідження теоретичної частини до реалізації програмного рішення, були виконані студенткою особисто, що підтверджується якістю виконання завдань та обґрунтованістю отриманих висновків.

5. Ступінь оволодіння методами дослідження

У процесі реалізації методу розпізнавання весільних суконь на зображенні студентка Тимчук Марія Олександрівна продемонструвала відмінний рівень володіння методами дослідження, а також впевнене застосування сучасних інструментів, програмного забезпечення та технологій галузі інформаційних технологій.

6. Повнота та якість розкриття теми роботи

Тема кваліфікаційної роботи обґрунтована належно та розкрита повно. Актуальність теми, її зв'язок з предметною галуззю та сучасними дослідженнями проаналізовано достатньо глибоко. Усі поставлені завдання виконано повністю. Створене програмне рішення для класифікації фасонів весільних суконь за його зображенням відповідає технічним вимогам спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

7. Логічність, послідовність, аргументованість, літературна грамотність викладення матеріалу

Матеріал кваліфікаційної роботи Тимчук Марії Олександрівни подано логічно, послідовно та аргументовано. Виклад відповідає поставленій меті та завданням. Стиль і мова роботи відповідають вимогам академічного письма, що забезпечує чітке сприйняття змісту. Робота виконана, відповідно до стандартів сучасних кваліфікаційних досліджень.

8. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи бакалавра, окремих її частин

Розроблений у роботі метод розпізнавання весільних суконь на зображенні може бути застосований у практиці онлайн-магазинів одягу, модних сервісів, студій пошиву та дизайнерських платформ. Створене рішення має потенціал для використання в реальних умовах як інструмент рекомендації та автоматизованого підбору моделей.

9. Висновок про можливість допуску кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту, на яку оцінку заслуговує робота

З огляду на високий рівень виконання роботи, досягнуті результати та відповідність усім вимогам, вважаю, що кваліфікаційна робота бакалавра Тимчук Марії Олександрівни може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка «відмінно».

Керівник _____



_____ док. філ., ст. викл. каф. КН Павло РАДЮК



РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студентки КН-21-2 Тимчук Марії Олександрівни
за темою: Метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання

1. Актуальність обраної теми

Автоматичне розпізнавання фасонів весільних суконь на зображеннях є актуальним у сучасному цифровому просторі. Зі зростанням кількості онлайн-сервісів, пов'язаних із вибором одягу, зростає потреба в швидкому та точному обробленні візуальної інформації. Використання нейромереж у цьому напрямі дає змогу реалізувати персоналізовані рекомендації, зменшити кількість помилок і підвищити якість користувацького досвіду. Такий підхід відкриває перспективи для застосування як у комерційних рішеннях, так і в дослідницьких задачах, де необхідне оброблення великої кількості зображень.

2. Повнота розкриття мети та завдань роботи

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було повністю розкрито мету та завдання дослідження. Студентка здійснила ґрунтовний аналіз предметної галузі, а також реалізувала метод розпізнавання фасонів весільних суконь із використанням нейромереж. Створене програмне рішення у вигляді вебсервісу відповідає поставленим завданням і демонструє цілісність підходу до реалізації проекту. У підсумку, усі визначені завдання були виконані повно.

3. Зміст кожного розділу роботи

У першому розділі кваліфікаційної роботи розглянуто сучасні методи та підходи до класифікації зображень, що лежать в основі розпізнавання фасонів весільних суконь. Другий розділ присвячено проектуванню методу розпізнавання із використанням нейромережі YOLOv8s та формуванню власного класифікаційного підходу. У третьому розділі описано реалізацію вебзастосунку, що забезпечує завантаження зображень, класифікацію фасону сукні та відображення відповідних рекомендацій.

4. Оцінка розробленого методу та його практична цінність

Спроектований метод розпізнавання весільних суконь на зображенні засобами глибокого навчання та реалізований на його основі вебсервіс мають високу практичну цінність. Вони можуть використовуватися у роботі весільних салонів, онлайн-магазинів і персональних стилістів для автоматизованого аналізу зовнішнього вигляду суконь. Структура методу та веборієнтована архітектура його реалізації дає можливість швидко завантажити зображення, отримати результат класифікації та переглянути релевантні рекомендації, що покращує взаємодію з клієнтами та покращує процес підбору моделей.

5. Якість оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра

Робота виконана якісно, відповідно до вимог науково-технічного стилю оформлення. Вона має чітку та логічну структуру, що охоплює всі необхідні розділи: перелік скорочень, вступ, огляд літератури, постановку задач, опис методів, реалізацію, результати дослідження та висновки. Усі частини роботи узгоджені між собою, розкривають суть теми та відповідають академічним стандартам підготовки бакалавра за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки. Структура та оформлення сприяють легкому сприйняттю змісту та наукової логіки викладу.

6. Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра

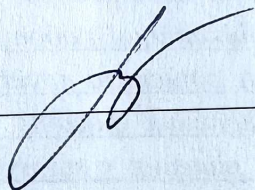
Попри належну реалізацію основного функціоналу, у роботі є низка моментів, що потребують подальшого вдосконалення. Зокрема, не проведено порівняльного аналізу ефективності запропонованої моделі з сучасними аналогами. Крім того, у роботі не обґрунтовано доцільність вибору саме архітектури YOLOv8s для виконання поставленого завдання, з огляду на наявність більш нових аналогів, як от, архітектури YOLOv11.

7. Загальний висновок (допускається чи не допускається до захисту), та оцінка на яку заслуговує кваліфікаційна робота.

У підсумку, з огляду на відповідність виконання роботи усім необхідним вимогам, її структуру, рівень дослідження та практичну реалізацію, вважаю, що дана кваліфікаційна робота бакалавра заслуговує на допуск до захисту.

Рекомендована оцінка – “відмінно”.

Рецензент _____



Т. Гобаруцерева