
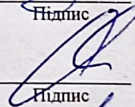
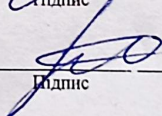
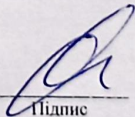


КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему Метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину

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

Виконав: студент групи КН-21-2  Ігор ФЕЛІСЄЄВ
Група виконавця Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ
Керівник: д.т.н, зав. кафедри КН  Олександр БАРМАК
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

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 віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину»

2. Завдання видано студенту

Ігору ФЕЛІСЄВУ

(Ім'я, прізвище)

3. Керівник роботи

зав. кафедри КН Олександр БАРМАК

(посада, ім'я, прізвище)

4. Затверджено наказом університету від « 07 » 02 р. № 25

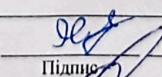
5. Дата видачі завдання студенту: « 10 » 02 2025 р.

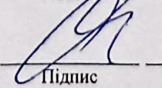
6. Зміст пояснювальної записки (перелік задач) та вихідні дані:

Мета роботи – допомога у виборі товару користувачам інтернет магазину шляхом розробки методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, інтегрованого в інтернет-магазин одягу. Метод має містити реалізацію розпізнавання одягу з фото обраного товару та контурів тіла людини з завантаженого нею фото з метою подальшого примірювання одягу на людину. Він повинен бути інтегрованим в розроблену інформаційну систему та повертати результат у вигляді фото людини в обраному нею одязі.

7. Календарний план виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

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

Виконавець: студент групи КН-21-2  Ігор ФЕЛІСЄВ
Група виконавця Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник: д.т.н., зав. кафедри КН  Олександр БАРМАК
Науковий ступінь, посада Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Анотація

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра: «Метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину»

Виконавець кваліфікаційної роботи бакалавра: студент групи КН-21-2 Ігор ФЕЛІСЄЄВ

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра: д.т.н., зав. кафедри КН Олександр БАРМАК

Кваліфікаційна робота бакалавра містить:

Пояснювальна записка				Кількість додатків
Сторінок	Рисунків	Таблиць	Джерел інформації	
56	15	2	42	2

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є допомога у виборі товарів користувачам інтернет-магазинів, шляхом розробки методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, який інтегрований у застосунок інтернет-магазину. Для розробки запропонованого методу було прийнято рішення про використання попередньо навченої моделі глибокого навчання CatVTON, яка є передовою в сфері віртуального примірювання одягу. Після чого, з допомогою використання фреймворку Laravel було розроблено відповідний інтернет-магазин та інтегровано туди розроблений метод.

Практична цінність даної роботи полягає в можливості поширення використання даного методу в відповідних інтернет-магазинах з метою збільшення лояльності клієнтів та зменшення фінансових витрат магазинів.

Ключові слова: комп'ютерний зір, глибоке навчання, одяг, інтернет-магазин, розмір, примірювання, метод, товар, замовлення.

Виконавець: студент групи КН-21-2
Група виконавця


Підпис

Ігор ФЕЛІСЄЄВ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Зміст

Перелік скорочень	3
Вступ.....	4
Розділ 1 Характеристика предметної області: аналіз моделей, методів та реалізацій.....	6
1.1 Аналіз інформаційних моделей.....	6
1.2 Огляд теоретичних підходів до розв’язку подібних задач	8
1.3 Аналіз існуючих програмних засобів та наукових рішень	10
1.4 Мета, завдання та вимоги до реалізації інформаційної системи	14
Розділ 2 Метод та засіб віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами	16
2.1 Метод віртуального примірювання одягу	16
2.1.1. Ідея методу.....	16
2.1.2. Опис нейромережі та її архітектури	18
2.1.3. Схема та основні кроки запропонованого методу.....	21
2.1.4 Особливості впровадження запропонованого методу	24
2.1.5 Метрики оцінювання якості моделі	25
2.2 Проектування вебзастосування з розробленим методом.....	27
2.2.1 Проектування веб-інтерфейсу магазину.....	27
2.2.2 Інформаційна модель.....	30
2.3 Висновки до розділу 2	33
Розділ 3 Експериментальне дослідження методу	34
3.1 Опис застосування для проведення експериментальних досліджень	34
3.1.1 Опис вебзастосування	34
3.1.2 Особливості реалізації компонентів системи	41
3.2 Результати досліджень	42
3.2.1 Аналіз ефективності моделі.....	42
3.2.2 Оцінка роботи методу.....	45
3.3 Висновки до розділу 3	48
Загальні висновки.....	50
Перелік посилань.....	53
Додатки	

Перелік скорочень

Скорочення, термін, позначення	Пояснення
БД	База даних
КРБ	Кваліфікаційна робота бакалавра
КН	Комп'ютерні науки
GAN	Generative Adversarial Network
TPS	Thin Plate Spline
GPU	Graphics Processing Unit
CPU	Central Processing Unit
SSIM	Structural Similarity Index
LPIPS	Learned Perceptual Image Patch Similarity
MS-SSIM	Multi-Scale Structural Similarity Index
FID	Frechet Inception Distance
СКБД	Система керування базами даних

Вступ

Актуальність. З стрімким розвитком інформаційних технологій почав змінюватись повністю увесь світ, в тому числі і комерція. Виникнення соціальних мереж, а також численної кількості веб-сайтів започаткувало новий формат торгівлі – інтернет-комерцію. Особливого поширення набула торгівля через інтернет-магазини, які можуть розміщуватись як на готових спеціалізованих платформах (маркетплейсах), так і на персональних веб-сайтах компаній або приватних осіб. Цей формат швидко здобув популярність серед споживачів завдяки ряду певних переваг. Основними з них є зручність здійснення покупок будь-де та будь-коли, швидкість процесу (щоб замовити товар або консультацію по ньому інколи достатньо зробити декілька кліків, не виходячи з дому), можливість перегляду великої кількості асортименту, а також зручне порівняння цін та інших характеристик товарів.

Однак, не зважаючи на таку велику кількість переваг, перед усіма інтернет-магазинами, в особливості тими, які продають готовий одяг, залишається актуальною одна і та сама проблема – повернення товарів. Частотою причиною повернень є невідповідність розміру або відмовлення від товару через причину незадоволення зовнішнім виглядом на людині після примірки. Це негативно впливає на рівень довіри до компанії та лояльності з боку покупців і в той же час створює додаткові витрати для продавців, а саме на повернення товару, який також може бути не придатний для повторного продажу.

Одним із перспективних рішень даної проблеми є впровадження сучасних технологій штучного інтелекту, а саме використання моделей для роботи із зображеннями. Досить хорошим варіантом практичного застосування даних технологій є реалізація функції віртуального примірювання одягу. Завдяки ній користувачі матимуть змогу приміряти одяг, без потреби виходити з дому чи робити покупку заздалегідь, та побачити як він виглядає на них, після чого вже приймати рішення замовляти товар чи ні.

Таким чином, даний функціонал має досить важливе значення, оскільки дозволяє споживачам приймати зважені рішення, уникаючи зайвих витрат або розчарування. А також продавці матимуть змогу зменшити кількість повернень, а відповідно і витрат, та оптимізувати логістичні процеси. Окрім цього, у них буде можливість збільшити продажі, оскільки даний метод дозволяє створити новий підхід до шопінгу для клієнтів, наприклад, формувати повноцінні образи та миттєво порівнювати їхню сумісність.

Об'єкт дослідження – процес віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами.

Предмет дослідження – нейромережеві моделі для роботи з зображеннями.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – допомога у виборі товарів користувачам інтернет-магазинів, шляхом розробки методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, який інтегрований у застосунок інтернет-магазину.

Завдання кваліфікаційної роботи бакалавра:

1) проаналізувати предметну область віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, наявні теоретичні та практичні рішення даної проблеми;

2) розробити метод віртуального примірювання одягу за зображеннями одягу та людини;

3) розробити застосунок інтернет-магазину готового одягу;

4) інтегрувати розроблений метод в застосунок інтернет магазину;

5) провести тестування розробленої інформаційної системи та методу, в умовах, наближених до реальних, для оцінки працездатності вебсайту та ефективності його роботи.

Розділ 1 Характеристика предметної області: аналіз моделей, методів та реалізацій

1.1 Аналіз інформаційних моделей

Ще з давніх часів продаж одягу став звичною справою суспільного ладу, оскільки він відіграє чималу роль як і побутовій сфері життєдіяльності людини, так і в робочій, захищаючи нас від певного виду пошкоджень чи задаючи статус, тему тощо при певній зустрічі.

Сам по собі одяг є сукупністю предметів з тканини, шкіри тощо, якими одягають тіло людини [1]. Існує декілька основних видів одягу [2]: побутовий, спортивний та різного виду робочий (виробничий, сценічний та формений). Проте варто зазначити що одяг одного типу може переходити в інший, залежно від використання.

Найпопулярнішими типами одягу для продажу є побутовий та спортивний одяг, оскільки вони є не спеціалізовано-призначеними та можуть використовуватись щодня.

Проте з розвитком сучасних технологій перед продавцями [3] постало запитання маркетингу (продажів). Спочатку це була реалізація різноманітних креативних банерів та рекламних роликів. Однак з появою веб-сайтів та соцмереж з'явився новий тип продажу одягу у інтернет-магазинах [4], що водночас створило і більші можливості для початку власної справи у цій сфері, але в той же час і змусило покращувати сервіс та створювати все креативніші ідеї для просування власного бренду [5].

Однак в даній сфері все ще є актуальною тема повернення товарів через невідповідність зображенню, не правильний розмір або ж просто інші вподобання покупців. Це спричиняє надлишкові фінансові витрати для компаній, оскільки вони змушені платити за зворотню доставку товару.

Одним із популярних рішень даної проблеми є реалізація в інтернет-магазині функціоналу, який використовує різноманітні нейромережеві засоби [6], а саме досить хорошим варіантом є віртуальне примірювання одягу. Цей

метод дозволяє користувачам обрати товар, представлений на веб-сайті та, завантаживши своє зображення, приміряти цей одяг на себе, після чого вже приймати рішення про його покупку.

У рамках цієї роботи планується розробити метод віртуального примірювання одягу з використанням нейромережових засобів, інтегрований у інтернет-магазин готового одягу. Він повинен виконувати розпізнавання товару та людини з отриманих фото та повертати результат примірювання одягу на людину на веб-сайт.

Для кращого розуміння ключових елементів системи, та принцип їхньої взаємодії було розроблено інформаційну модель [7]. В даному інтернет-магазині можна виділити наступні ключові компоненти:

– *каталог товарів* – список товарів на сайті, а саме одягу, наявного зараз в інтернет магазині, який користувач може переглянути, відфільтрувати та обрати той, який йому до вподоби [8];

– *сторінка товару* – детальний опис товару, де користувач може обрати чи замовити його прямо зараз, чи приміряти онлайн [9];

– *каталог зображень* – каталог зображень товарів, який зберігається на сервері та виводиться на сайт за потреби, а також може бути використаний для передачі зображення для розпізнавання нейромережею;

– *модель віртуального примірювання одягу* – раніше розроблена та навчена модель, яка розпізнає одяг із зображення та людину, по контурах її тіла, після чого приміряє обраний товар на неї [10].

Отже, згідно з аналізу предметної області, було визначено основні компоненти інформаційної моделі методу віртуального примірювання одягу. Можна побачити що досить важливим є правильне налаштування частин застосунку (як і моделі, так і самого інтернет-магазину) для отримання бажаного результату та коректного використання. Описані аналіз створює основу для подальшого дослідження та реалізації необхідного методу в інтернет-магазині з метою підвищення лояльності клієнтів та зменшення фінансових втрат продавців одягу.

1.2 Огляд теоретичних підходів до розв'язку подібних задач

Завдання віртуального примірювання одягу є однією із актуальних та досить важких задач, який базується на синтезі реалістичних зображень користувача в обраному ним вбранні з допомогою використання генеративних моделей (GAN diffusion models) [11], методів сегментації зображень, просторових перетворень (warp/flow), а також модулів передачі текстур.

Для ефективної роботи методу віртуального примірювання одягу неймережевими засобами можуть бути використані наступні моделі глибокого навчання:

- Virtual Try-On Network (VITON) – одна з перших моделей для вирішення проблеми віртуального примірювання одягу, що використовує сегментацію зображення людини, а також геометричне накладання одягу на тіло з подальшим синтезом зображення за допомогою U-Net-подібної архітектури [12];

- Characteristic-Preserving VTON (CP-VTON) – повторює підхід VITON, проте удосконалений шляхом запровадження модуля геометричного вирівнювання одягу (GMM), що дозволяє точніше накладати зображення одягу відповідно до контурів тіла [13];

- ClothFlow – модель, що використовує оптичний потік для адаптації одягу до різних поз користувача, що дозволяє точно реалізовувати примірювання одягу. Потік деформацій визначається між простором одягу та тілом людини, після чого відбувається перенесення пікселів з мінімальною втратою інформації [14];

- HR-VITON – є моделлю, що розширює базову модель VITON для генерації зображень більш високої роздільної здатності. Вона враховує більше деталей, таких як фактура тканини, складки на одязі та освітлення, що допомагає реалізовувати реалістичні зображення [15];

– TryOnGAN – модель, реалізована на основі GAN-орієнтованого підходу до задачі віртуального примірювання, що означає що вона умовно генерує зображення людини на основі отриманого фото, зберігаючи деталі, що дозволяє досягти точних результатів, навіть у складних випадках [16].

Проте для побудови ефективного методу віртуального примірювання одягу не достатньо лише обрати необхідну модель, потрібно розібратись з проблематикою цієї задачі та перевагами її використання. Зокрема у статті [17] було розглянуто, що основними проблемами віртуальної примірки одягу є взаємодія з людиною та моделювання одягу на ній. Авторами було прийнято рішення про використання бібліотеки OpenNI [18] та багатопочності, а також розроблено модуль захоплення контурів з датчиком руху, що показало хороші результати з використанням пристрою визначення руху Microsoft Kinect.

У статті [19] авторами було проведено дослідження щодо використання віртуального примірювання одягу, в ході якого вони розробили три сценарії реалізації даного методу: примірка одягу на аватарі, примірка одягу на зображенні людини та примірка одягу на аватарі, схожому зовнішністю до покупця. Отримані відгуки користувачів показали, що найбільшого поширення та задоволення від використання отримав саме другий варіант, і цього було достатньо клієнтам для прийняття рішень щодо покупки обраної речі.

У статті [20] була розглянута проблематика розвитку електронної комерції, а саме продажу одягу. За інформацією, наданою авторами, мода є другою за величиною сферою інтернет-продажів. Проте водночас чимала кількість компаній стикаються проблемою повернення продуктів, що несе за собою низку проблем, таких як фінансові збитки (значна частина товару стає не придатною для перепродажу), втрата часу клієнтів та компанії, а також зниження рівня утримання клієнтів. Саме тому вони розробили Avatry – застосунок, для віртуального примірювання одягу.

У статті [21] розглянуто проблему реалістичного вигляду приміряного одягу на людині. Розглянута задача є досить актуальною та проблемною, оскільки точність примірювання одягу напряду залежить від точності

визначення контурів людини на фото, а саме її розмірів, параметрів, позу в якій вона стоїть. Авторами було розроблено систему CLO3D, яка враховує вищевказані критерії, а також відстежує людські суглоби та визначає масштабування одягу щоб він тісно поєднувався з тілом людини. Це все дає досить точні результати при тестуванні.

Отже, можна зробити висновок що використання моделей глибокого навчання в реалізації методу віртуального примірювання одягу є досить важливим, оскільки ця задача є актуальною та необхідною до реалізації. Ключовими аспектами розглянутих досліджень є проблематика реалізації даного методу та його переваги. Згідно цього, можна виділити основну проблему – відповідність до реальності отриманого в результаті примірювання зображення, оскільки потрібно точно визначити позу в якій стоїть людина, її параметри та контури тіла, після чого приміряти на неї обраний одяг.

Проте електронна комерція в сфері продажу одягу, включно з використанням методу віртуального примірювання, стрімко розвивається і поступово віртуальні примірювальні починають замінювати звичайні, що також було описано в статті [22].

Загалом, дослідження показують, що використання нейронних мереж в сфері віртуального примірювання одягу може забезпечити високий рівень точності отриманих результатів та оптимальні рішення для реалізації даного методу.

1.3 Аналіз існуючих програмних засобів та наукових рішень

В зв'язку з стрімким розвитком інформаційних технологій, в тому числі і електронної комерції перед компаніями почали поставати нові виклики та проблеми які необхідно було вирішити. В тому числі і проблема відмов від товарів при отриманні, що призводило до фінансових збитків та зменшення лояльності клієнтів. Саме тому чимала кількість компаній почали розробляти різноманітні рішення щоб вирішити дану проблему. Одним із таких рішень є

віртуальне примірювання одягу нейромережевими засобами. Можна виділити декілька найпопулярніших із них, які будуть описані далі.

Zeekit [23] – один із найпопулярніших сервісів для віртуального примірювання одягу від компанії Walmart [24], який дозволяє користувачеві приміряти на собі будь-який одяг із каталогу на основі отриманого фото цього користувача. Дана система використовує моделі глибокого навчання для визначення поз користувача та накладання на нього одягу.

Основними перевагами даної системи є інтуїтивно зрозумілий та зручний інтерфейс, а також можливість примірювання товару прямо після вибору його в каталозі, без потреби пошуку сторонніх сервісів (рис. 1.1).

Проте, не зважаючи на свою популярність вона має певні недоліки. Основним із них є те, що вона погано адаптує одяг під позу та точні контури тіла людини. Також для примірювання одягу необхідне чітке фото, щоб застосунок точно розпізнав контури тіла.

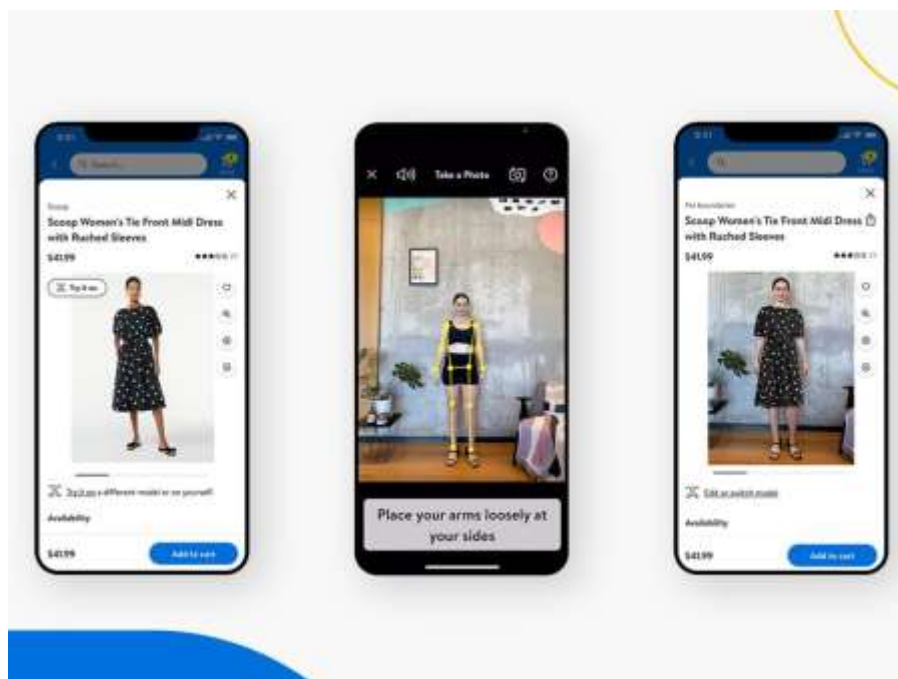


Рисунок 1.1 – Приклад роботи сервісу Zeekit [25]

Також досить популярним рішенням віртуального примірювання є МемоМі Memory Mirror [26] – розумне дзеркало з функцією доповненої реальності та нейромережевими засобами, яке здатне приміряти на клієнта

обраний одяг, в якому він бачить себе прямо в цьому дзеркалі. Система використовує камери та неймережі для роботи з відеопотоком.

Основними її перевагами є підтримка реального часу, оскільки користувач може побачити себе під часу руху в обраному одязі, що збільшує відчуття реального примірювання. Також те, що дане рішення використовується в офлайн-магазинах [27], що дозволяє клієнтам побачити одяг наживо, при цьому без потреби одягати його на себе під час примірювання (рис.1.2). Ще однією перевагою є функція запису примірки та відповідно до цього можливість порівняти різні варіанти.

Проте в цієї системи є і ряд недоліків, такі як висока вартість впровадження та прив'язка до самого магазину, оскільки система встановлюється в ньому і не доступна за його межами.



Рисунок 1.2 – Результат роботи MemoMi Memory Mirror [28]

PICTOFiT [29] – платформа для віртуального примірювання одягу від компанії Reactive Reality GmbH [30], яка базується на комплексному підході, що поєднує технології 2D та 3D моделювання, розпізнавання тіла користувача та технології комп'ютерного зору задля точного накладання одягу на цифровий аватар. Тобто система дозволяє створювати віртуальні моделі користувача на

основі фото або введених параметрів, після чого можна приміряти на неї одяг який він вибере.

PICTOFiT є досить популярним сервісом та використовується такими популярними брендами як Hugo Boss, Timberland та інші.

Основними перевагами даної системи є висока реалістичність візуалізації, оскільки вона враховує фізично обґрунтовані моделі тканини, що дозволяє точно передати форму, складки та текстуру одягу. Ще одним важливим критерієм точності, який був врахований при розробці PICTOFiT є врахування зросту, ваги, пропорцій тіла при створенні віртуального образу людини. Також перевагою є можливість використання брендами як і зображення та і повноцінні 3D-моделі одягу.

Варто зазначити що дана система має налаштовані SDK та API, що дозволяє інтегрувати її за потреби у власні мобільні застосунки, веб-сайти та інші типи застосунків.

Проте, не зважаючи на її переваги та широкий функціонал, вона має і ряд недоліків, таких як висока вартість ліцензії та необхідність використання високої якості зображень одягу або ж 3D-моделей. Також точність генерування моделі людини залежить від введених параметрів її тіла. Ще варто зазначити що дана система не має повноцінного безкоштовного інтерфейсу, а це платформа, яку необхідно інтегрувати у власні застосунки.



Рисунок 1.3 – Приклад використання PICTOFiT [31]

Отже, згідно проведеного аналізу, можна зробити висновок що в сфері віртуального примірювання одягу є ряд розроблених рішень, кожне з яких має певне застосування, переваги та недоліки. З цього можна зробити висновок, що дана задача є досить актуальною та поширеною для використання і потребує реалізації з урахуванням переваг вищеописаних застосунків.

1.4 Мета, завдання та вимоги до реалізації інформаційної системи

В результаті наведеного аналізу, метою кваліфікаційної роботи є допомога користувачам інтернет-магазинів у виборі товарів, шляхом розробки методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, інтегрованого у розроблений інтернет-магазин готового одягу. Даний метод дозволить полегшити потенційним покупцям вибір товарів та мінімізувати витрати для компанії на повернення не забраних товарів, оскільки користувачі матимуть можливість прийняти зважене рішення про покупку, на основі результатів примірювання одного або декілька елементів одягу по чергово. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати наступні завдання:

1) проаналізувати предметну область віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, наявні теоретичні та практичні рішення даної проблеми;

2) розробити метод віртуального примірювання одягу за зображеннями одягу та людини;

3) розробити застосунок інтернет-магазину готового одягу;

4) інтегрувати розроблений метод в застосунок інтернет магазину;

5) провести тестування розробленої інформаційної системи та методу, в умовах, наближених до реальних, для оцінки працездатності вебсайту та ефективності його роботи.

Досить важливими критеріями оцінки ефективності роботи розробленого інтернет-магазину готового одягу з інтегрованим методом віртуального примірювання одягу є:

- продуктивність роботи методу, оскільки для виведення результатів примірювання одягу в реальному часі потрібно використовувати оптимізовані моделі, що не потребують великих витрат ресурсів;

- зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, тому що користувачі повинні мати можливість легко користуватись усім функціоналом інтернет-магазину, в тому числі і розробленим методом; це значить що дизайн повинен відповідати сучасним тенденціям в дизайні та бути оптимізованим в використанні;

- точність, оскільки розроблений метод повинен чітко визначати контури одягу та тіла люди по отриманих фото, щоб надалі чітко співставити їх під час примірювання.

Отже, у процесі дослідження, було визначено ключові етапи та вимоги для успішного виконання поставленого завдання в межах кваліфікаційної роботи, яка полягає у розробці методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, для реалізації відповідного сервісу в інтернет-магазині готового одягу.

Зважаючи на стрімке зростання популярності онлайн-покупок, особливо в категорії готового одягу, розробка даного методу є важливою та актуальною задачею. Реалізацію віртуального примірювання одягу надасть можливість потенційним покупцям оцінити зовнішній вигляд обраного товару, без потреби попередньої його покупки. Це в свою чергу зменшить кількість відмов клієнтів від товарів при отриманні, що позитивно вплине на рівень їхньої лояльності, покращить загальне враження від взаємодії з інтернет-магазином. Крім цього, це призведе до зменшення фінансових втрат для компанії, оскільки мінімізує витрати на повернення товару, який досить часто стає не придатним для повторного продажу.

Розділ 2 Метод та засіб віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами

2.1 Метод віртуального примірювання одягу

2.1.1. Ідея методу

Стрімкий розвиток електронної комерції призвів до того, що бізнесам довелось змінити правила гри і придумувати різноманітні засоби для захоплення уваги клієнтів вже на своїх веб-сайтах. Вони почали створювати все креативніші реклами, покращувати дизайн сайтів, щоб вони відповідали сучасним тенденціям, придумувати акції та робити розіграші. Проте і цим вже нікого не здивуєш, і необхідно шукати нові рішення. Одним із таких рішень є розробка методу, що зміг би допомогти користувачеві в виборі товару на сайті. Це може бути як і різноманітні чат-боти для пошуку товарів на сайті, так і повноцінні моделі, які можуть допомогти підібрати товар за певними критеріями. Проте досить хорошим варіантом також є розробка методу віртуального примірювання одягу. Ідея даного методу полягає в розробці допоміжного сервісу для інтернет-магазину готового одягу, що надасть можливість користувачам примірювати бажаний товар, після вибору його в каталозі, без потреби попередньо замовляти його і очікувати на доставку. Все що необхідно їм зробити це обрати в каталозі певний одяг, який їм до вподоби, після чого завантажити своє фото, де чітко видно контури тіла, у відповідне вікно та очікувати на результат примірювання. Даний метод використовує моделі глибокого навчання, для пошуку контурів тіла людини, одягу та коректної примірки обраного товару, а саме припасування до тіла людини (її пози, зросту, параметрів тіла, тощо). Отже основна мета даного методу полягає в зменшенні кількості відмов від замовлень на пошті шляхом попередньої оцінки товару на сайті, що також дасть змогу зменшити фінансові втрати бізнесу на зворотну доставку та не придатний для перепродажу товар.

З наведеного вище аналізу можна виокремити декілька ключових аспектів віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами:

– система надає користувачеві можливість повністю дистанційно «приміряти» обраний одяг без потреби фізичної взаємодії із ним в магазині. Щоб приміряти одяг необхідно просто завантажити своє фото. Після чого система автоматично, в режимі реального часу опрацьовує отриманий запит та накладає зображення одягу на фото користувача, адаптуючи товар задля збереження усіх деталей, та повертає отриманий результат назад в інтернет-магазин. Завдяки цьому віртуальне примірювання значно полегшує вибір товарів в онлайн-магазині, особливо для клієнтів які сумніваються у здійсненні своїх покупок;

– метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами включає в себе два ключових етапи. Першим із них є сегментація зображення, під час якого відбувається виділення областей тіла людини та одягу, на відповідних раніше отриманих зображеннях, щоб чітко поєднати всі ознаки тіла користувача, включаючи параметри торсу, положення рук та інших частин тіла. Під час цього, паралельно, також відбувається аналіз форми обраного одягу. Другим етапом є генерація фінального зображення, що базується на основі використання генеративних моделей (наприклад GAN – Generative Adversarial Network). Дана модель здатна скомбінувати зображення товару та фото людини у нові зображення з збереженням пози користувача та інших фізіологічних особливостей шляхом адаптації одягу відносно раніше отриманих контурів.

– основним інноваційним компонентом даної моделі є каскадний механізм уваги (cascade attention). Його основне завдання полягає в тому, щоб надати моделі здатність фокусуватись на найважливіших ділянках зображення: обличчі користувача, його контурах тіла, ключових точках і згинах. Саме завдяки цьому система здатна не просто «накладати» одяг поверх зображення людини, а гармонійно інтегрувати його в загальну композицію, зберігаючи природні тіні, складки, текстуру тканини одягу, що створює реалістичний результат;

– досить важливим є те що дана система є досить доступною. А саме, на відміну від інших складних рішень, які потребують 3D-сканерів, датчиків руху або спеціалізованих сенсорів та камер, цей метод працює просто на основі

отриманого зображення. Єдиною вимогою для отримання хорошого результату є чітке фото людини в повний зріст, на якому добре видно контури та параметри тіла. Отже доступність даного методу значно спрощує доступ до технології та можливість його інтеграції в різноманітного типу застосунки;

– функціональність віртуального примірювання одягу може бути легко інтегрованою в вебінтерфейс інтернет-магазину. Це означатиме що користувач матиме змогу обрати певний товар із каталогу після чого просто завантажити своє фото у відповідне поле та миттєво отримати результат на тій же сторінці.

Отже при розробці системи віртуального примірювання одягу досить важливим є врахувати кілька ключових критеріїв, які визначають її складність, ефективність та потенціал для масштабування. Першим і мабуть найважливішим критерієм є реалістичність отриманого зображення, оскільки метод повинен формувати високоякісне зображення із точною адаптацією одягу до тіла людини. Це означає що одяг повинен містити природні складки, збережену текстуру, а також фото повинно мати якомога менше зайвих предметів, які можуть так чи інакше спотворити результат. Проте досить важливим є не лише реалістичність зображення, а і гнучкість системи, що означає що вона повинна підтримувати декілька основних категорій товарів (наприклад футболки, кофти, куртки, плаття, тощо). Це можливо завдяки модульній архітектурі застосунку, що робить доступним додавання категорій без потреби змінювати загальну логіку. Отже з цього випливає що система є і досить добре масштабованою. І останнім досить важливим аспектом ідеї реалізації цього методу є його доступність, оскільки для його використання та інтеграції в інтернет-магазин та інші типи застосувань немає потреби в використанні додаткових сканерів, камер тощо.

З цього можна підсумувати що ідея реалізації віртуального примірювання нейромережевими засобами є досить важливою та актуальною.

2.1.2. Опис нейромережі та її архітектури

Для реалізації методу віртуального примірювання одягу одним із найперспективніших рішень є застосування моделі CatVTON від дослідника Zheng Chong та його колег з Університету науки і техніки Китаю (USTC –

University of Science and Technology of China)[32]. Ця модель належить до ряду найсучасніших підходів у сфері комп'ютерного зору та глибокого навчання, що спеціалізуються на завданні віртуальної примірки одягу. Вона реалізована у відкритому доступі в сервісі GitHub [33], що робить її зручною для подальшої інтеграції або дослідження.

CatVTON є моделлю глибокого навчання, що використовує каскадну архітектуру трансформерів, які дозволяють моделі ефективно працювати з просторовими залежностями на зображеннях високої якості. Методика роботи цієї моделі включає кілька етапів: спочатку відбувається сегментація зображення користувача, що дозволяє точно виділити його силует, обличчя, руки та інші частини тіла. Далі виконується аналіз пози користувача для кращого врахування особливостей його розташування у просторі, а на завершальному етапі – генерація фінального зображення, де вибраний одяг накладається на тіло людини у максимально реалістичний спосіб.

Особливістю даної моделі є її здатність зберігати велику кількість вхідних деталей, зокрема риси обличчя, контури рук, форму тіла, що часто втрачаються або спотворюються в інших, менш точних моделях. Завдяки цьому CatVTON забезпечує значно вищу якість та правдоподібність результату, що є критично важливим при інтеграції даного методу в інтернет-магазин готового одягу.

Архітектура CatVTON:

– Feature Extraction Network (Мережа виділення ознак) є першим етапом обробки даних, під час якого виконується виділення важливих ознак з вхідних зображень. Цей модуль використовує ResNet-подібну архітектуру, яка є ефективним рішенням для задач комп'ютерного зору. Мережа аналізує два основних типи вхідних даних – фото людини, де чітко її видно та зображення одягу, отримане із бази даних інтернет-магазину. Із зображення користувача виділяються характеристики, зокрема форма тіла, поза, колір та текстура шкіри. З одягу, у свою чергу виділяються такі риси, як дизайн, текстура та колір

тканини. Отримані ознаки формують багатовимірні тензори (карти ознак), які далі передаються до наступного модуля для геометричної обробки;

– Geometric Matching Module (Модуль геометричного узгодження), що відповідає за геометричне поєднання одягу з тілом користувача. Цей модуль є критично важливим для досягнення природності в приміряному зображенні. Основним його компонентом є Thin Plate Spline (TPS) трансформація, яка забезпечує гнучке перетворення форми зображення одягу відповідно до силуету та пози людини. Даний модуль використовує контрольні точки, розміщені на зображенні, щоб обчислити оптимальні деформації тканини (ніби «натягує» її на тіло користувача). Ще одним ключовим елементом даного модуля є Flow Estimation Network, який є підмодулем, що оцінює оптичний потік (швидкість переміщення пікселів між зображеннями до та після трансформації). Він дозволяє зберегти реалістичність складок тканини, деформацій, тіней та структур, що зазвичай втрачаються у більш простих моделях. Разом ці компоненти забезпечують точну адаптацію одягу до тіла, враховуючи не лише форму, а й динаміку руху;

– Try-On Generation – генератор фінального зображення, а саме одягу приміряного на людину. Для цього використовується U-Net архітектура, яка добре підходить для задач генерації зображень завдяки симетричній структурі та наявності зв'язків між шарами на різних рівнях абстракції. На вхід до цього модуля надходять ознаки, отримані на попередніх етапах, зокрема ознаки користувача (форми тіла, поза, шкіра) та адаптоване зображення одягу. Дана модель об'єднує ці ознаки у високоякісне та реалістичне зображення, де одяг виглядає природно, правильно накладений та враховує освітлення, тінь, глибину та інші нюанси сцени. Завдяки глибокій генеративній структурі та механізмам уваги, модель здатна зберегти дрібні деталі обличчя, рук та інших відкритих частин тіла, не перекриваючи їх одягом.

Для кращого розуміння архітектури моделі глибокого навчання CatVTON наведемо схему, зображену на рисунку 2.1)

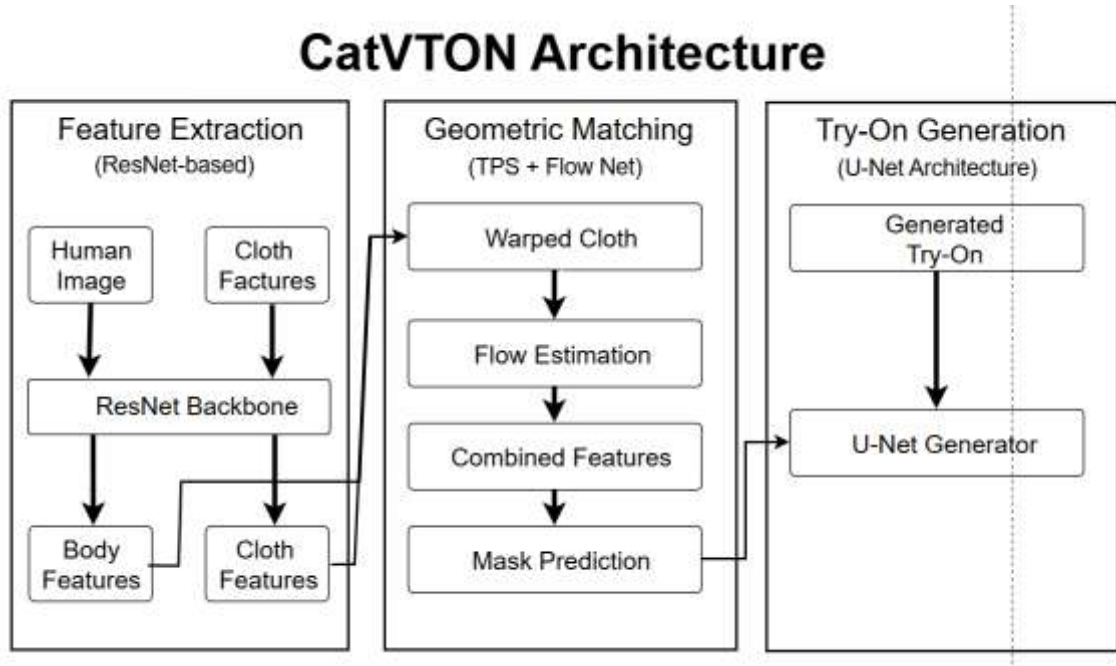


Рисунок 2.1 – Архітектура нейромережі CatVTON

Отже дана модель містить багато компонентів, які, взаємодіючи між собою, дають змогу отримати один з ряду найреалістичніших підходів до віртуального примірювання, що може бути ефективно інтегрований в інтернет-магазин.

2.1.3. Схема та основні кроки запропонованого методу

З розвитком інформаційних технологій стрімко трансформується і сфера інтернет-комерції. Щороку онлайн-магазини впроваджують нові стратегії для залучення й утримання уваги потенційного покупця, створюючи більш інтуїтивні, привабливі й інтерактивні веб-інтерфейси. Проте інколи лише маркетингових інструментів недостатньо, особливо коли покупець сумнівається у виборі розміру, фасону чи того, як одяг виглядатиме на ньому. Саме в таких ситуаціях на допомогу приходять інноваційні рішення, одним із яких є метод віртуального примірювання одягу.

Цей метод використовує сучасні досягнення в області глибокого навчання та комп'ютерного зору, і дозволяє користувачеві побачити, як певна модель одягу виглядатиме безпосередньо на ньому, без потреби фізичної взаємодії із нею в офлайн-магазині. В основі такої технології лежить складний

багатоступеневий процес обробки зображень, який включає кілька ключових етапів роботи із ними:

1. На початку роботи методу системі подаються вхідні дані у вигляді двох основних зображень – фотографії користувача (де добре видно його тіло у фронтальній або напівбічній проекції) та зображення обраного елемента одягу з бази даних інтернет-магазину, зняте в ізольованому фоні (наприклад на манекені або ж у вигляді 2D-моделі). Досить важливим є те, щоб зображення були високої якості (мали хорошу роздільну здатність, природне освітлення та мінімум зайвих перешкод на фоні, аби спростити подальшу обробку;

2. Після надходження зображень у систему, вона виконує їхню попередню обробку за допомогою нейронної мережі, побудованої на основі архітектури ResNet. Це дозволяє досить детально проаналізувати параметри людського тіла з отриманого раніше фото, а саме його форму, позу, пропорції та визначити контури тіла та положення в просторі. Одночасно з цим відбувається аналіз зображення одягу. Завдяки вищевказаній нейронній мережі визначаються колір, структура, характерні візерунки та текстура тканини, що дозволяє зберегти реалістичність одягу надалі. Після цих кроків отримані з обох фото ознаки зберігаються та передаються у наступний етап;

3. Даний етап, а саме етап геометричної адаптації одягу, передбачає трансформацію одягу таким чином, щоб він максимально точно повторював форму тіла користувача та відповідало його позі. Найпопулярнішими рішеннями для цього є методи геометричних трансформацій, до прикладу Thin Plate Spline (TPS), який використовується в даному методі. Це математична модель, що дозволяє плавно викривляти зображення в заданих контрольних точках. Крім цього, використовується аналіз оптичного потоку, який є технологією що дозволяє оцінити переміщення пікселів між двома зображення. Це призводить до збільшення природності отриманого результату шляхом збереження природності складок одягу, тіней на тканині та інших деталей, які є досить важливі для генерації точно зображення;

4. Після того як одяг був адаптований до тіла користувача, система переходить до найважливішого етапу, а саме генерації фінального зображення. Цей процес виконується з допомогою генеративної нейронної мережі, побудованої на основі архітектури типу U-Net. Дана модель дозволяє об'єднати зображення користувача та одягу в єдину картинку, яка виглядає природньо та точно, завдяки наявності механізмів копіювання й збереження деталей. Також, варто зазначити, що досить важливим є те що дана мережа здатна зберегти найдрібніші деталі фото користувача, такі як його волосся, руки, тощо, якщо вони не були перекриті одягом. Це дозволяє отримати реалістичну симуляцію примірювання одягу, що може сприйматись як реальна фотографія;

5. Після всіх виконаних раніше етапів, фінальне зображення, яке демонструє користувача в обраному одязі, передається до веб-інтерфейсу інтернет-магазину. Це дозволяє користувачу детально роздивитись результат, порівняти декілька варіантів, шляхом повторного примірювання інших товарів, зберегти знімок або ж одразу перейти до покупки товару.

Щоб краще зрозуміти логіку та послідовність дій роботи методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, було розроблено спеціальну схему роботи методу (рисунок 2.2), яка демонструє основні етапи – від отримання вхідних даних до формування та отримання фінального результату. Це дозволяє візуально оцінити складність процесу та зрозуміти роль кожного із компонентів системи.

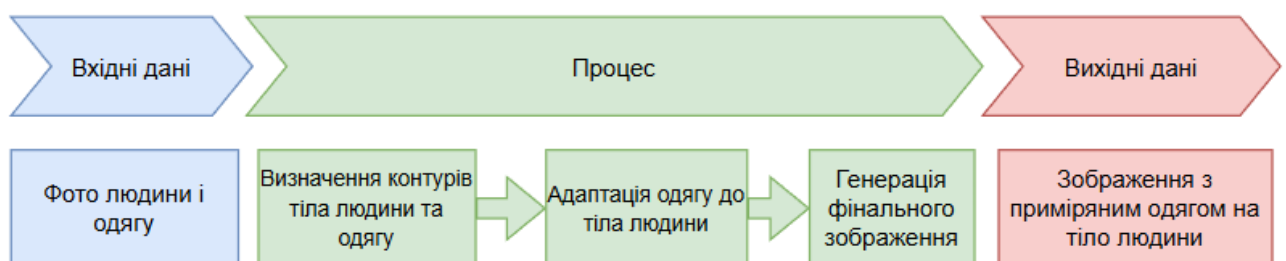


Рисунок 2.2 – Схема роботи методу

Отже, даний метод віртуального примірювання одягу складається з кількох ключових етапів, кожен з яких виконує критично важливу роль у забезпеченні точності, реалістичності та зручності для користувача. Починаючи з отримання якісних вхідних зображень, система проходить через складні процеси сегментації, геометричної трансформації та генерації зображення, щоб у фіналі надати користувачеві максимально наближений до реальності результат. Це не лише покращує взаємодію з веб-сайтом магазину, але й сприяє підвищенню довіри клієнтів, зниженню кількості повернень та зростанню рівня продажів.

2.1.4 Особливості впровадження запропонованого методу

Для реалізації повного функціонування методу віртуального примірювання одягу, заснованого на основі моделі CatVTON вимагає певної підготовки середовища розробки та налаштування проекту. На початковому етапі необхідно встановити відповідне програмне забезпечення для роботи з кодом. Найзручнішим варіантом буде використання середовища розробки, такого як PyCharm, що дозволяє зручно працювати з Python-проектами, встановлювати залежності та керувати конфігурацією.

Наступним етапом є встановлення самого проекту CatVTON з офіційного репозиторію, що знаходиться на платформі GitHub. Після його завантаження на локальний комп'ютер або сервер, слід виконати ряд кроків для встановлення всіх залежностей, перелік яких міститься у відповідному файлі в проекті. Він включає різноманітні бібліотеки для глибокого навчання, обробки зображень та генеративних моделей.

Однак запуск самої моделі не є повністю автономним процесом — він вимагає окремого середовища генерації зображень, сумісного з ComfyUI. Цей проект являє собою інтерфейс для роботи зі Stable Diffusion і подібними моделями, який забезпечує зручну візуалізацію та керування генеративними блоками. Для цього потрібно окремо завантажити ComfyUI з офіційного джерела, встановити його на сервер із підтримкою графічних обчислень (GPU), а

також переконатися, що всі необхідні компоненти для генерації зображень коректно працюють разом із CatVTON.

Після налаштування середовища виникає потреба у зв'язку моделі з інтернет-магазином. Це потребує реалізації API — інтерфейсу прикладного програмування, через який буде відбуватись передача вхідних даних. З боку магазину користувач обирає одяг та завантажує фото, а далі ці дані надсилаються через API до серверної частини, де модель CatVTON здійснює процес обробки. У відповідь генерується зображення з приміряним одягом, яке повертається назад у браузер користувача.

2.1.5 Метрики оцінювання якості моделі

Розробка та впровадження сучасних моделей глибокого навчання, зокрема в галузі віртуального примірювання одягу, потребує комплексного підходу до оцінювання їх ефективності. Успішність роботи таких систем визначається не лише візуальною привабливістю згенерованих результатів, але й технічною точністю – здатністю моделі зберігати важливі деталі на зображенні, такі як текстура тканини, форма, пропорції тіла користувача. Для оцінки цього аспекту роботи моделі використовуються спеціальні метрики, підбір яких є досить важливим для отримання реалістичних результатів. Це дозволяє виявляти їх слабкі сторони, змінювати підходи до навчання та збільшувати точність роботи моделей глибокого навчання.

При розробці методу віртуального примірювання одягу використовується ряд спеціалізованих метрик, кожна з яких орієнтується на оцінку окремих аспектів фінального зображення. Такі метрики дозволяють кількісно оцінити схожість між вхідним зображенням та результатом, що є критично важливим для перевірки збереження ключових візуальних характеристик, зокрема, текстур тканини, тіней, контурів фігури тіла людини та дрібних деталей. Окрім цього, вони забезпечують об'єктивну оцінку рівня реалістичності згенерованого зображення та дозволяють виявити недоліки моделі у числовій формі, що суттєво полегшує її подальше вдосконалення.

Однією із найбільш поширених метрик, що використовуються для оцінки якості схожості зображень є Індекс структурної схожості (Structural Similarity Index – SSIM) [34]. Це числова характеристика, значення якої коливаються від 0 до 1, де 1 означає ідеальну відповідність зображень та нижчі за 0.7 те що на зображенні є помітні відмінності. Вимірюються вони шляхом використання 3 ключових аспектів: яскравості, контрасту та структури та обчислюється з допомогою використання кругової симетричної вагової функції Гауса. Досить важливим є те, що дана метрика враховує як людське око сприймає зображення, що робить її більш ефективною в порівнянні з простими піксельними методами.

Ще однією досить важливою метрикою є Перцептивна схожість зображень на основі навчання (Learned Perceptual Image Patch Similarity – LPIPS) [35]. Дана метрика використовує нейромережі для оцінки схожості зображень на основі їх перцептивних характеристик. Модель вимірювання обчислює подібність для довільних вхідних даних шляхом порівняння активацій моделі між двома зображеннями, що цікавлять. Якщо отримані дані перцептивно узгоджені, незважаючи на шум або незначні зміни, метрика показує значення близькі до 0. Однак якщо результат вищий за 0.3, це свідчить про наявні відмінності у зображеннях.

Для більш точної оцінки якості моделі важливим є використання ще однієї метрики, яка досить часто використовується при обробці зображень та є розширеним варіантом метрики SSIM, а саме Багатомасштабний індекс структурної схожості (Multi-Scale Structural Similarity Index – MS-SSIM) [36]. Дана метрика враховує особливості людського зорового сприйняття на різних рівнях деталізації. Тобто принцип її роботи ґрунтується на послідовному аналізі зображень на декількох масштабах, після чого отримані дані комбінуються що дозволяє комплексно оцінити як глобальні, так і локальні характеристики зображення. Отримані результати вищі за 0.9 свідчать про відмінний результат, а нижчі за 0.8 про помітні відмінності на зображенні.

Отже, для обчислення числового значення якості моделі, що використовується в методі віртуального примірювання одягу, доцільно

застосовувати комплекс метрик, кожна з яких оцінює окремі аспекти схожості між вхідними даними (зображення людини з чітко окресленими контурами її тіла) з фінальним результатом (зображення, на якому одяг приміряно на людину). Ці метрики аналізують збереження структури, текстури одягу, освітлення, тіней та інших важливих візуальних характеристик, що в сукупності дозволяє дати об'єктивну оцінку якості роботи моделі за різними критеріями.

2.2 Проектування вебзастосування з розробленим методом

2.2.1 Проектування веб-інтерфейсу магазину

Інтерфейс є важливою складовою будь-якого застосунку, оскільки він відіграє ключову роль в його просуванні. Не зручний або не привабливий зовнішній вигляд досить часто відлякує користувачів, змушуючи їх шукати інші ресурси. В сфері інтернет-комерції це питання постає особливо важливим, оскільки від відвідуваності сайту напряду залежать продажі інтернет-магазину. Саме тому існують певні правила структури веб-сайтів певних типів, а саме правильне розташування блоків, текстів, тощо.

Нижче зображений прототип головної сторінки інтернет-магазину готового одягу (рис. 2.3). Він передбачає що дана сторінка міститиме шапку сайту (header), який буде містити логотип, меню з посиланнями що ведуть на інші сторінки, а також рядок пошуку по сайту. Під нею буде розташовано декілька блоків з пропозиціями різноманітних категорій товарів (найпопулярніші, сезонні та інші). Наступним блоком є текст опису основної інформації про магазин, про покупки в інтернет-магазинах, який необхідний для коректної SEO-оптимізації. Фінальною секцією на сайті є підвал (footer), де розміщені посилання на різноманітні сторінки товарів, запитань та контактів магазину.

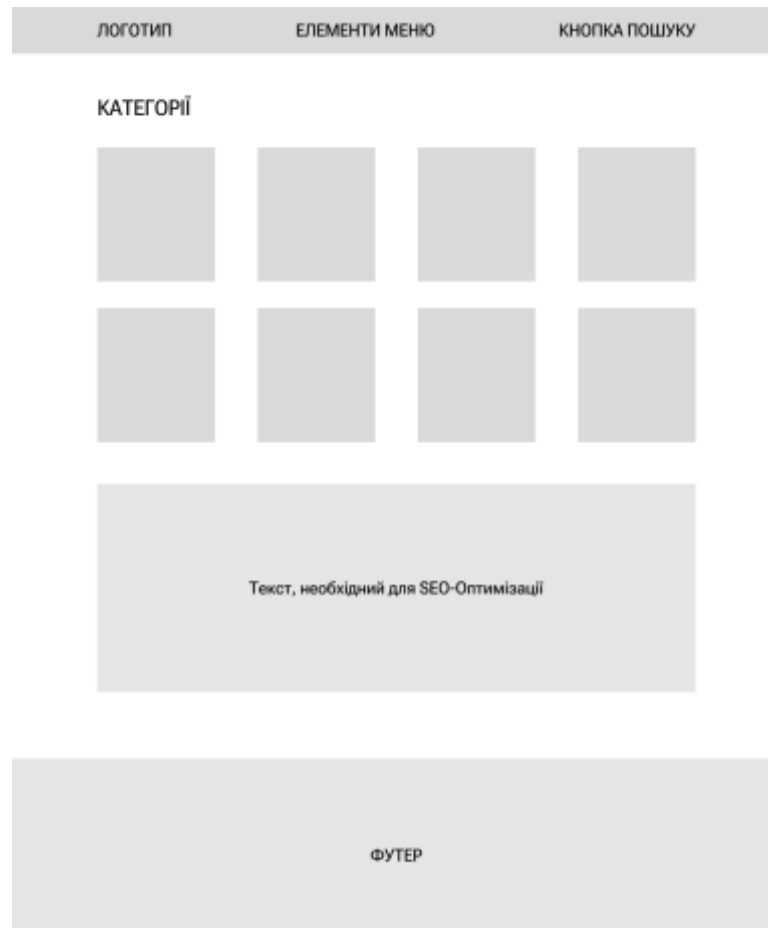


Рисунок 2.3 – Схема розташування блоків головної сторінки інтернет-магазину готового одягу

Також досить важливою сторінкою у структурі інтернет-магазину готового одягу є сторінка каталогу товарів, адже саме на ній користувач може ознайомитися з переліком доступного одягу та обрати ті товари, які йому до вподоби (рис. 2.4). Вона дозволяє переглядати всі наявні позиції, оцінювати зовнішній вигляд, ціну та інші основні характеристики товарів. Каталог відіграє ключову роль у навігації сайтом і забезпечує зручний пошук потрібного одягу. Сторінка містить стандартні елементи — шапку сайту та підвал, між якими розташовано панель фільтрів і список товарів. Завдяки фільтрам користувач може обрати конкретну категорію, розмір, колір тощо, після чого виводиться лише релевантний перелік товарів відповідно до заданих параметрів. Також на цій сторінці користувач може додати товари в кошик, натиснувши відповідну кнопку або перейти на сторінку детального опису товару, натиснувши на його зображення.

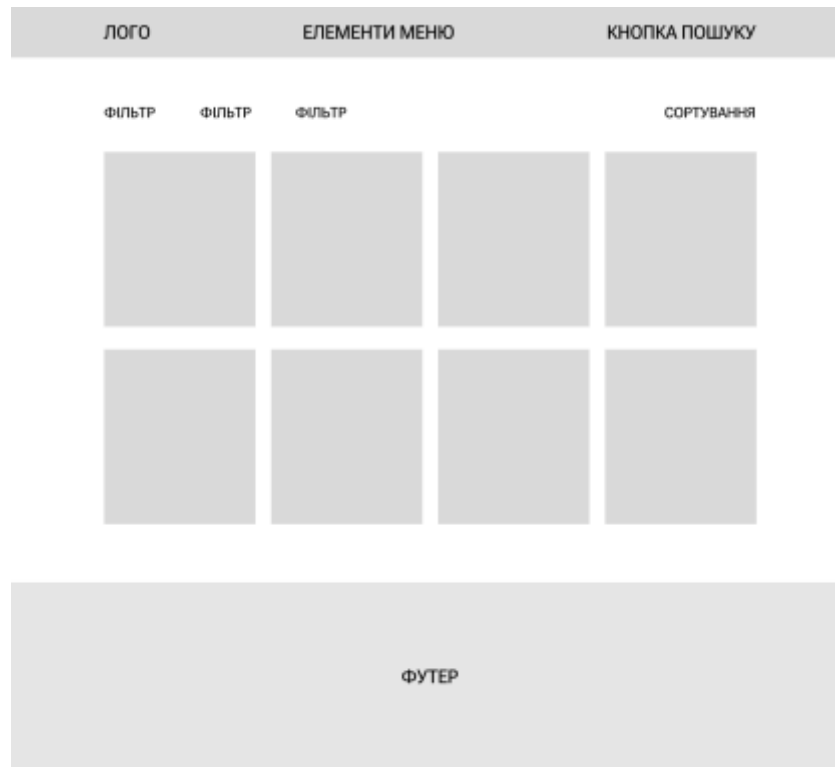


Рисунок 2.4 – Схема розташування блоків на сторінці «Каталог товарів»

Проте ключовою сторінкою для будь-якого інтернет-магазину є сторінка товару, оскільки саме на ній користувач має змогу ознайомитися з повною інформацією про обраний виріб. Тут можна переглянути збільшену кількість фотографій одягу з різних ракурсів, дізнатися деталі про товар, включаючи його ціну, доступні розміри, матеріали виготовлення, виробника тощо. Крім цього, на сторінці передбачена можливість додавання товару в кошик (попередньо обравши необхідний розмір) з метою подальшого оформлення замовлення або скористатися функцією примірювання одягу, яка реалізована в окремому вікні, що відкривається при натисканні на відповідну кнопку. Важливою вимогою до сторінки є також наявність стандартних елементів сайту — шапки (header) з логотипом, меню та кнопками навігації, а також підвалу (footer) з додатковою інформацією. Між цими частинами розміщується основний контент: фотогалерея товару, його опис та інтерактивні елементи для здійснення дій, описаних вище, користувачем (рис 2.5).



Рисунок 2.5 – Схема розташування блоків на сторінці товару

Отже даний інтернет-магазин містить декілька ключових сторінок, які необхідно відвідати користувачеві щоб мати можливість купити одяг або ж обрати функцію його примірювання.

2.2.2 Інформаційна модель

У процесі аналізу предметної області, пов'язаної з функціонуванням інтернет-магазину готового одягу, було виявлено ключові об'єкти системи та встановлено взаємозв'язки між ними. Це дозволило сформулювати уявлення про структуру даних, яка забезпечить коректну роботу всіх необхідних бізнес-процесів, таких як зберігання інформації про товари, категорії, замовлення, клієнтів, відгуки, наявність розмірів тощо. Виходячи з цього, була побудована відповідна даталогічна модель, що є основою для реалізації бази даних інтернет-магазину. Вона відображає всі основні сутності системи, їх атрибути та зв'язки між ними, що дає змогу ефективно організувати зберігання та обробку даних у межах застосунку. Схему цієї моделі наведено на рисунку 2.6.

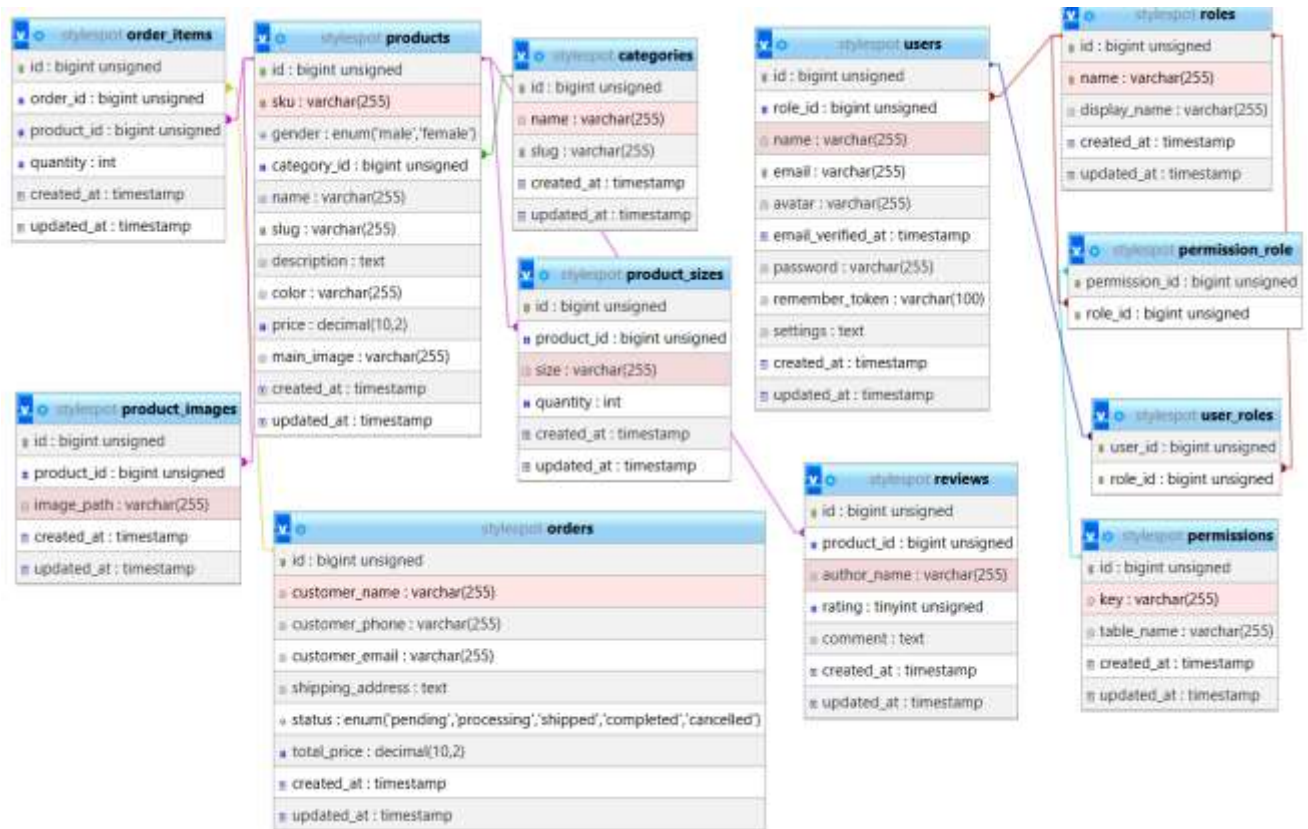


Рисунок 2.6 – Даталогічна модель бази даних інтернет-магазину

Представлена даталогічна модель відображає структуру основних таблиць, що входять до складу бази даних інтернет-магазину готового одягу, а також зв'язки між ними. У моделі враховано ключові сутності, для кожної із яких визначено відповідні атрибути, які дозволяють зберігати всю необхідну інформацію для функціонування магазину, включаючи назву, опис, ціну товару, його доступні варіанти, дані про клієнтів і деталі замовлень. Зв'язки між таблицями забезпечують цілісність даних та логічну узгодженість під час взаємодії з базою даних — наприклад, можливість зберігати кілька розмірів для одного товару, або об'єднувати кілька товарів в межах одного замовлення. Така модель є фундаментом для реалізації надійної системи керування даними в межах вебзастосунку.

Таблиця «orders» містить основну інформацію про продажі магазином усіх товарів. Вона необхідна для коректної роботи функції замовлення товару на веб-сайті та містить наступні атрибути: customer_name, customer_phone, customer_email, shipping_address, status, total_price (таблиця 2.1). Тобто можна

сказати що вона містить інформацію про клієнта, який зробив замовлення, адресу доставки, та загальну суму замовлення, що складається з суми цін товарів помноженої на кількість.

В таблиці «order_items» міститься інформація про товари з певного замовлення. Вона необхідна для коректного функціонування збереження замовлень, та товарів, які в ньому вказані та містить наступний ряд атрибутів: order_id, product_id, quantity. Отже дана таблиця містить дані про певне замовлення, в якому користувач обрав збережений тут перелік товарів та кількість цих товарів.

Таблиця «categories» досить важлива для коректного виведення та фільтрування товарів на веб-сайті, оскільки кожен одяг відноситься до якоїсь певної категорії. Вона містить наступні атрибути: name, slug. Тобто в ній зберігається інформація про назви категорії товарів та їхню транслітерацію.

Проте ключовою таблицею на даному веб-сайті є таблиця «products», що зберігає інформацію про товари. Вона містить їхній артикуль, детальний опис, ціну, категорію, до якої належить товар, тощо. Отже згідно цього, вона містить наступний ряд атрибутів: sku, gender, category_id, name, slug, description, color, price, main_image.

Таблиця products містить також декілька зв'язаних таблиць, які містять детальнішу інформацію про кількість товарів певного розміру та назви файлів зображень цих товарів, а саме це таблиці «product_sizes» та «product_images». Перша із них містить інформацію про кількість наявного товару в магазині за певним розміром та наступні атрибути: product_id, size, quantity. Наступна ж зберігає шляхи до файлів зображень товарів і має атрибути: product_id, image_path.

Також, варто зазначити, що кожна таблиця цієї бази даних містить поля created_at, updated_at, які заповнюються автоматично під час створення та оновлення записів відповідно.

2.3 Висновки до розділу 2

Отже, для розробки методу віртуального примірювання одягу було запропоновано модель від дослідника Zheng Chong, яка є досить хорошим рішенням для реалізації поставленого завдання, оскільки використовує різноманітні оптимізовані моделі, що дає змогу отримати збереження деталей вхідного зображення, таких як обличчя та руки людини, тощо. Для взаємодії із даним методом необхідно налаштувати відповідні запити між сервером, на якому знаходиться інтернет магазин та сервером, на якому запущена модель. Це дозволить відсилати зображення людини та одягу, як вхідні дані та отримувати у відповідь результат примірювання одягу. Це дасть змогу збільшити зацікавленість продавців у покупці товару саме в цьому інтернет-магазині, тому що допоможе їм з вибором, без потреби попереднього замовлення.

Для завершення розробки даного методу та оцінки його ефективності та відповідності поставленому завданню необхідно виконати завдання, що описані в розділі 3:

- розробка повноцінного інтернет-магазину готового одягу, використовуючи фреймворк Laravel, що міститиме функціонал, описаний в завданні;

- провести дослідження оптимізації роботи веб-сайту на різних пристроях та при різних умовах, що надасть змогу оцінити його швидкодію та коректність завантаження даних;

- провести тестування розробленої платформи на відповідність поставленому завданню, наявність та коректність виконання усіх функцій, точність результату отриманого при використанні методу віртуального примірювання одягу.

Розділ 3 Експериментальне дослідження методу

3.1 Опис застосування для проведення експериментальних досліджень

3.1.1 Опис вебзастосування

Зовнішня складова будь-якого застосунку є досить важливою та багатокомпонентною складовою, яку прийнято називати інтерфейсом. Існують декілька основних їх типів, залежно від потреби доступності та призначення, а також особливостей реалізації: мобільні застосунки, десктопні застосунки та різноманітні вебзастосування. Проте все-таки найбільш популярними і доступними залишаються застосунки останнього типу, оскільки вони можуть використовуватись із будь-якого пристрою, що має доступ до мережі інтернет та можливість відкриття вебсторінки.

Отже з цього випливає що вебзастосування це один із типів програмного забезпечення, який працює у браузері, що означає що користувач може взаємодіяти із ним, без потреби встановлення додаткових програм на свій пристрій [37]. Яскравими прикладами цьому є інтернет-магазини, соціальні мережі та інші сервіси.

Саме тому для реалізації методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, інтегрованого в відповідний інтернет-магазин, було прийнято рішення про використання вебзастосування, оскільки це робить сервіс доступним у будь-який час. Проте розроблений інтернет-магазин це не лише красива картинка на сайті, а багатоскладова система, для розробки якої необхідно дотримуватись певних правил та шаблонів. А саме, для його реалізації було прийнято рішення про використання фреймворку Laravel [38], що базується на мові програмування PHP та використовує модульну архітектуру Model-View-Controller (MVC) [39]. Це спосіб організації коду, де кожен із компонентів виконує певну роботу, тобто модель відповідає за роботу із даними, що зберігаються в базі даних (або інших структурних файлах), представлення

виводять ці дані на екран користувача та являють собою інтерфейсну складову вебзастосування, а контролер відповідає за їхню коректну взаємодію та передачу даних.

Отже розроблений застосунок містить наступний ряд компонентів:

1. Контролери:

- CartController – відповідає за коректну організацію та передачу даних про товари, додані в корзину, що зберігаються в сесії користувача;
- CatalogController – контролер, що відповідає за передачу інформації про товари, відібрані за певними фільтрами, на сторінку каталогу товарів;
- HomeController – контролер, основною задачею якого є виведення сторінок (view), а саме головної сторінки та сторінок чоловічого та жіночого одягу;
- OrderController – необхідний для збереження замовлень користувачів в базі даних, з використанням відповідних моделей;

2. Моделі:

- Category, яка необхідна для отримання даних про категорії товарів;
- Order та OrderItem – моделі, що зберігають та передають інформацію про замовлення клієнтів та товари, вказані у цих замовленнях;
- Product, ProductSize та ProductImage – моделі, необхідні для отримання інформації про товари, їхні фото та розміри з їхньою наявною кількістю в магазині, з метою подальшого виведення на сторінки інтернет-магазину;
- Review – модель, яка відповідає за передачу та збереження даних про відгуки користувачів про певні товари;

3. Представлення:

- home – представлення, яке являє собою головну сторінку інтернет-магазину, яка містить загальну інформацію про нього та посилання на сторінки для подальшого вибору товарів;
- home-men, home-women – сторінки, необхідні для розділення товарів на чоловічі та жіночі, для подальшого спрощення вибору одягу на сайті;

– catalog – сторінка каталогу товарів, яка відповідає за коректний вивід загальної інформації про товари, фільтрацію їх за певними параметрами та посилання для подальшої їх покупки або ж перегляду детальнішої інформації;

– product-page – представлення, необхідне для виведення детальної інформації про товар, з можливістю додавання його в корзину або ж віртуального примірювання;

– create-order – сторінка оформлення замовлення клієнтами, що містить поля для введення основної інформації, необхідної для доставки товарів, а також інформацію про те, які товари було обрано та скільки;

– header, footer, client-layout – шаблони, необхідні для виведення повноцінної структури веб-сайту, підключення стилів та інших файлів за потреби.

Ці складові є ключовими елементами вебзастосунку інтернет-магазину готового одягу, без яких його коректна робота є неможливою. Звісно, існує й багато інших компонентів, які певною мірою впливають на організацію всього процесу взаємодії між основними модулями системи — контролерами, моделями та представленнями. Проте більшість з них є частиною архітектури самого фреймворку і не потребують додаткових налаштувань або змін, якщо цього не вимагає специфіка проекту. У контексті розробки інтернет-магазину особливу увагу слід приділити саме представленням (views), адже вони відповідають не лише за правильне відображення даних, а й за перше враження користувача, зручність взаємодії з інтерфейсом, що напряму впливає на лояльність клієнтів і, як наслідок, рівень продажів. Серед основних представлень варто виділити декілька ключових, зокрема головну сторінку (home), яка є першою точкою входу більшості користувачів на сайт (рис. 3.1). Вона містить загальний огляд пропозицій магазину, посилання на каталог продукції, а також можливість швидкого переходу до розділів чоловічого та жіночого одягу для ознайомлення з найпопулярнішими категоріями. Окрім того, на головній сторінці можуть відображатися актуальні, нові або рекомендовані товари в режимі реального часу, що дозволяє зацікавити користувача з перших секунд перебування на сайті.

Також вона повинна містити шапку сайту (header), що містить основні посилання на інші сторінки, а також корзину та підвал сайту (footer), що містить контакти магазину та посилання на основні сторінки вебзастосування.



Рисунок 3.1 – Скріншот головної сторінки інтернет-магазину

Також досить важливою сторінкою для вибору товарів користувачем є сторінка списку товарів, або каталог, де представлено всі доступні позиції магазину. Тут користувач має змогу застосовувати різноманітні фільтри — за категорією, розміром, ціною чи іншими параметрами — щоб швидше знайти бажаний одяг. Це значно покращує зручність користування, особливо при великому асортименті. Крім того, з каталогу можна одразу додати товар до

кошика або перейти на сторінку детального перегляду, натиснувши на зображення чи назву товару (рис. 3.2), що робить процес вибору простішим та інтуїтивно зрозумілим.

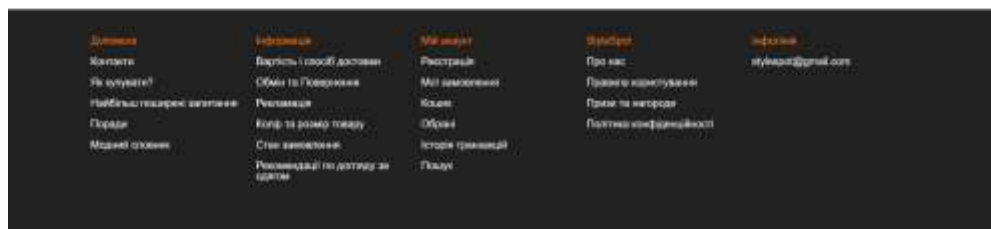
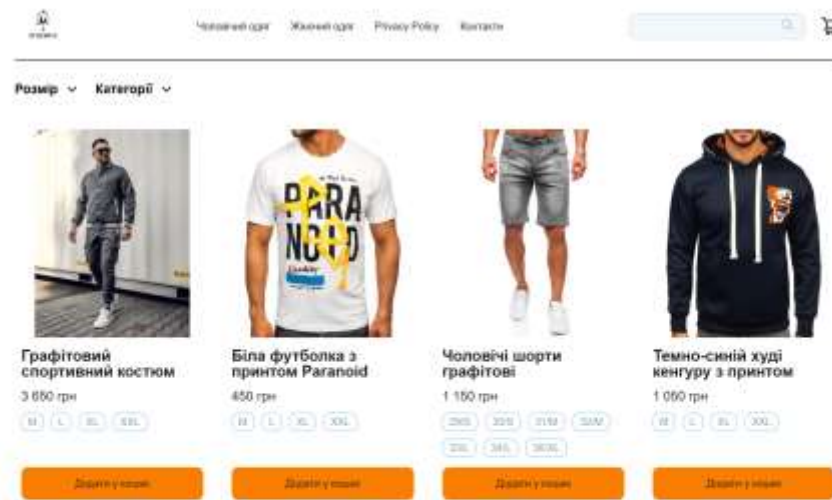


Рисунок 3.2 – Світлина сторінки «Каталог товарів»

Проте реалізація функціоналу віртуального примірювання одягу в інтернет-магазині неможлива без попереднього вибору конкретного товару, з яким користувач має намір взаємодіяти. Саме тому була створена окрема сторінка детальної інформації про товар — `product_page`, яка виконує важливу роль у процесі ознайомлення клієнта з продуктом. Ця сторінка містить розширений опис товару, перелік доступних розмірів, інформацію про матеріали виготовлення, бренд, а також розширену галерею зображень, що дозволяє користувачу детально розглянути одяг з різних ракурсів. Окрім цього, на сторінці розміщено дві ключові кнопки: «Додати в кошик» — для збереження товару з метою подальшого оформлення замовлення, та «Приміряти одяг» — для запуску механізму віртуального примірювання. Після натискання другої кнопки відкривається окреме вікно або модальне діалогове вікно, в якому користувач

може побачити, як вибраний одяг виглядатиме на ньому з урахуванням заданих параметрів (наприклад, статі, зросту, типу фігури тощо), що значно покращує довіру до покупки і знижує ймовірність повернень (рис. 3.3).

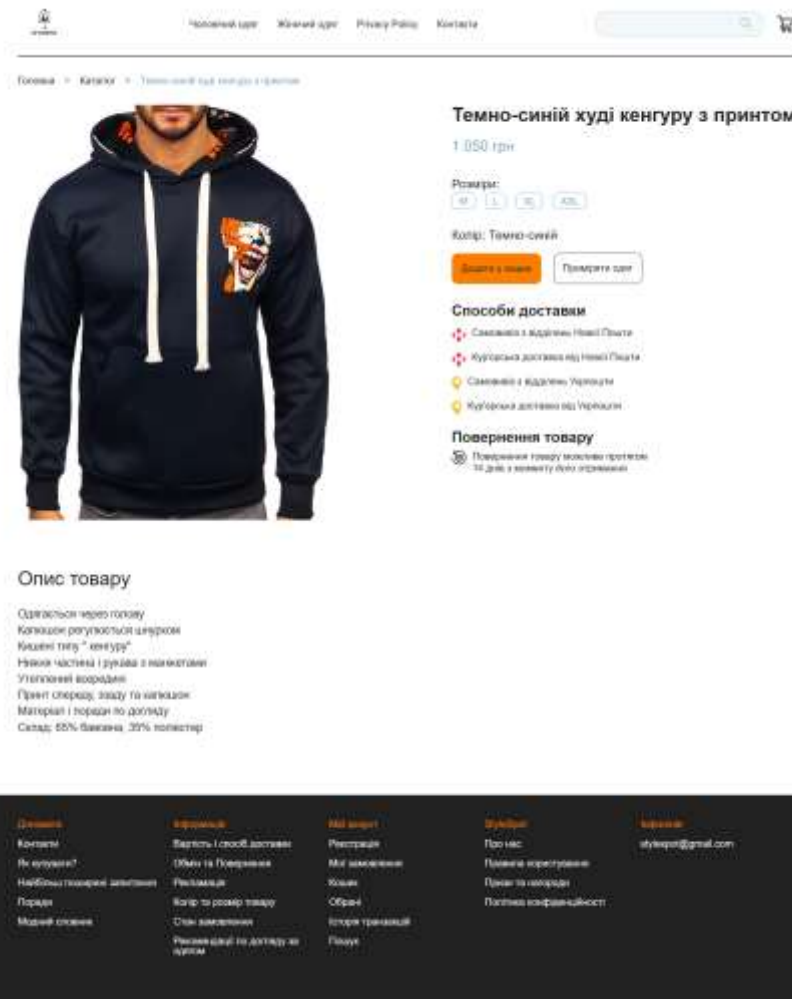


Рисунок 3.3 – Сторінка детальної інформації товару

Однак основним функціоналом інтернет-магазину є можливість замовлення товарів. Для реалізації відповідного функціоналу необхідно забезпечити користувачеві коректне введення особистих даних та даних для доставки товарів. Саме тому було прийнято рішення про використання окремої сторінки create-order (рис. 3.4), яка містить необхідні вимоги, а також список раніше обраних товарів, де користувач має змогу змінити їхню кількість (додати або відняти), або ж видалити випадково доданий товар, зменшивши кількість до 0. Також на сторінці міститься кнопка «Оформити замовлення», яка і відправляє

запит до відповідного контролера для збереження його в базі даних інтернет-магазину.

Додаток	Інформація	Мій рахунок	Купівля	Інформація
Контакти	Вартість і способи доставки	Регістрація	Про нас	aflexard@gmail.com
Як працювати?	Обмін та повернення	Мій замовлення	Правила користування	
Найближчі пункти розповсюдження	Рекомендації	Корзина	Проміж та нагорода	
Платіжні	Копія та розмір товару	Обрани	Політика конфідційності	
Модерні словники	Стан замовлення	Історія транзакцій		
	Рекомендації по доступу за адресою	Пошуку		

Рисунок 3.4 – Сторінка оформлення замовлення

Таким чином, розроблене вебзастосування є складною багатокомпонентною системою, в якій чітко визначено функціональне призначення кожного із її елементів. Кожен компонент виконує окрему роль у забезпеченні стабільної та ефективної роботи всього сервісу, до прикладу інтерфейсна (клієнтська) частина відповідає за зовнішній вигляд та виведення отриманих даних, для правильної та зрозумілої взаємодії клієнтів із інтернет-магазином з метою покупки товарів, в той час як серверна логіка, що складається із контролерів та моделей, відповідає за правильну організацію, збереження та отримання даних товарів, замовлень та іншої критично важливої інформації. Також система містить окремий модуль віртуального примірювання одягу, який,

за допомогою відповідного контролера та представлення, взаємодіє із клієнтом з метою примірювання на нього обраного товару.

3.1.2 Особливості реалізації компонентів системи

Реалізації методу віртуального примірювання одягу, інтегрованого в інтернет-магазин є досить важкою та ресурсномісткою задачею, яка потребує розуміння різних мов програмування, таких як PHP, JavaScript та Python.

Для розробки моделі CatVTON дослідниками було використано мову програмування Python, що надало змогу досить легко реалізувати її згідно з інструкції, встановлюючи необхідні бібліотеки, вказані в спеціалізованому файлі у проєкті. Після чого для зручності використання моделі її було інтегровано в вебзастосунок ComfyUI [40] (рис. 3.7), що надало можливість тестування працездатності моделі, де були отримані відмінні результати.

Проте також було проведено дослідження щодо ефективності роботи даної моделі на інших пристроях, яке показало що CatVTON потребує певних мінімальних вимог до ПК та має обмеження щодо роботи на пристроях, що їм не відповідають. А саме було отримано певні помилки, які зупиняли процес віртуального примірювання, наприклад перенавантаження пам'яті відеокарти (рис. 3.8). В ході проведення даного дослідження було отримано наступний ряд вимог для реалізації методу віртуального примірювання одягу на основі використання моделі CatVTON:

- наявність ядер CUDA [41], що надасть змогу працювати моделі з використанням відеопам'яті, а не лише CPU [42];
- попередня інсталяція мови програмування Python та всього необхідного програмного забезпечення;
- достатня потужність відеокарти, з наявною у неї відеопам'яттю не менше 8 гб.

Ці мінімальні вимога надають можливість коректної інсталяції моделі для подальшої її інтеграції в інтернет-магазин готового одягу з використанням REST API.

3.2 Результати досліджень

3.2.1 Аналіз ефективності моделі

В зв'язку з стрімким розвитком інформаційних технологій, інтернет-магазини все частіше стикаються з низкою різноманітних проблем, в тому числі і в сфері маркетингу та оптимізації фінансових витрат з метою збереження капіталу. Однією із найбільш виражених на даний час можна виділити проблему повернення товарів через невідповідність зображенню або інші вподобання клієнтів. Це призводить до зменшення лояльності клієнтів, оскільки їм доводиться повторно замовляти інші товари і знову очікувати їхню доставку. А для власників інтернет-магазинів в свою чергу це створює додаткові проблеми у вигляді надлишкових фінансових та часових витрат на повернення товарів, а інколи і на списання непридатного для перепродажу товару після його отримання продавцем назад. Отож досить важливим та актуальним є рішення даної проблеми, яке зазвичай може включати в себе використання методів глибокого навчання, щоб надати користувачам можливість ознайомитись детальніше із виглядом одягу в форматі 3D-моделей або ж на згенерованих реалістичних зображеннях. Однак також досить популярним є використання методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами. Він надає клієнтам можливість переглянути як буде виглядати обраний ними товар на них на основі завантаженого фото або в режимі реального часу. Це дозволяє потенційним покупцям прийняти зважене рішення про покупку, тим самим вирішує вищевказані проблеми.

Метод віртуального примірювання одягу базується на детальній обробці зображень задля визначення контурів тіла людини та одягу з отриманих фото з метою подальшої генерації фінального зображення на якому одяг буде адаптований до тіла людини, зі збереженням реалістичних деталей таких як тіні, текстура одягу, тощо. Для реалізації відповідного функціоналу в інтернет-магазині готового одягу існує чимала кількість готових рішень, проте значна їх частина є застарілими або ж не можуть зберігати необхідні для реалістичного результату дані. Проте існують і моделі, які пропонують сучасні підходи до

вирішення цього питання. Однією із таких є моделей є CatVTON від дослідника Zheng Chong та його колег з Університету науки і техніки Китаю (USTC – University of Science and Technology of China). Дана модель являє собою сучасне рішення в питанні віртуального примірювання одягу, що використовує каскадну архітектуру трансформерів, які дозволяють моделі ефективно працювати з просторовими залежностями на зображеннях високої якості.

Для розробки методу віртуального примірювання одягу було обрано саме модель CatVTON, оскільки тестування показали що в порівнянні з іншими моделями, вона показує більш точні результати використовуючи менші ресурси. А саме вона використовує на 60-85% параметрів менше порівняно з моделями OOTDiffusion, IDM-VTON, StableVTON, проте водночас здатна обробляти в 2-3 рази швидше зображення та використовувати в 2-3 рази менше пам'яті на цей процес. Для більш кращого розуміння була побудована таблиця отриманих результатів тестування на основі даних отриманих із дослідження розробників моделі [43].

Таблиця 3.1 – Порівняння ефективності моделей

Метод	Параметри (млн)	Час інференсу, с	Пам'ять, мб
OOTDiffusion	2191	36.23	8892
IDM-VTON	6238	17.32	18916
StableVTON	1608	36.10	14176
CatVTON	899	9.25	5940

Проте, варто зазначити, що тестування моделі показують те, що вона не лише менше потребує ресурсів, а і має змогу працювати зі складними текстурами, а саме відтворювати логотипи на одязі та візерунки. Також, в порівнянні з іншими моделями CatVTON досить добре враховує пози користувачів, зберігаючи при цьому досить важливі деталі такі як тінь, складки на одязі, що робить результат більш реалістичним. Це можна побачити на рисунку 3.5, де було завантажено фото користувача в повний зріст та футболки.

Після чого відбувся процес примірювання одягу, за результатами якого можна побачити що модель чітко розпізнала контури людини та одягу і змогла зберегти позу, форму тіла людини, адаптувавши одяг до неї та додавши в ньому складки для природності зображення.



Рисунок 3.5 – Результат роботи моделі CatVTON

Також, для кращої оцінки роботи моделі, розробниками було проведено аналіз схожості результату примірювання із вхідним зображенням за ознаками Structural Similarity Index (SSIM) [44] та Frechet Inception Distance (FID) [45]. За результатами порівняння виконаних тестів із іншими моделями на основі датасетів VITON-HD та DressCode можна побачити що CatVTON краще зберігає яскравість зображення, контраст, різноманітні деталі та фонові об'єкти на фото (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Оцінка ефективності моделей за ознаками SSIM та FID

Модель	VITON-HD		DressCode	
	SSIM	FID	SSIM	FID
IDM-VTON	0.850	5.76	0.880	6.82
OOTDiffusion	0.819	9.31	0.885	4.61
CatVTON	0.870	5.43	0.892	3.99

Отже використана модель має досить високу ефективність та точність. Вона здатна зберігати деталі вхідного зображення, а саме фонові об'єкти, позу користувача, його риси обличчя та інші деталі, які роблять результат реалістичним. Це все дає змогу використовувати її для роботи методу віртуального примірювання одягу в інтернет-магазині, оскільки вона може зберігати різноманітні малюнки та логотипи на одязі, що є досить важливим для магазину. А також CatVTON може працювати на окремому сервері, що робить її доступною в будь-який час для отримання відповіді на запит.

3.2.2 Оцінка роботи методу

Для більш точного аналізу ефективності роботи методу віртуального примірювання необхідно використовувати систему об'єктивних метрик, які дозволяють кількісно оцінити різні аспекти якості отриманих результатів (згенерованих зображень, на яких фото людини в приміряному одязі), а саме їхню схожість із вхідними даними (зображенням людини, на якому чітко видно її контури тіла) на основі певних параметрів, таких як збереження деталей зображення, текстур, тіней, яскравості тощо.

Отже для проведення оцінки якості роботи методу необхідно отримати фінальні результати, а саме фото людей в приміряному одязі. Для більш точних результатів було прийнято рішення про використання зображень, за різних умов (фонові деталі, стать, поза та тип одягу) (рис. 3.7).

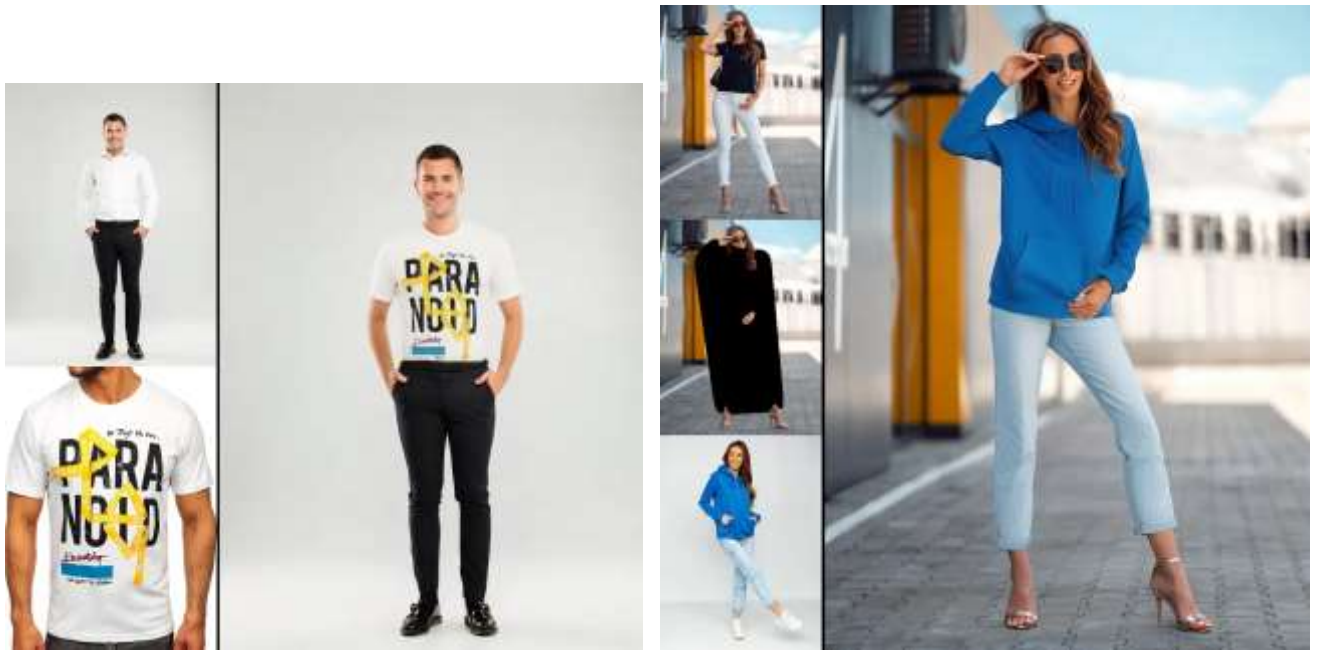


Рисунок 3.7 – Приклади роботи методу за різних умов

Для точної оцінки якості роботи моделі було прийнято рішення про використання метрик SSIM, LPIPS та MS-SSIM. Вони надають можливість скласти загальну числову картину про точність віртуального примірювання, на основі оцінки схожості зображень в різних аспектах (яскравість, збереження деталей, перцептивна схожість тощо). В ході проведення аналізу було отримано різні значення даних показників та для більш точного розуміння результатів обраних метрик було розроблено відповідну таблицю, в якій вони описані на прикладі 5 фото, зроблених за різних умов (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Оцінка якості роботи методу за різних умов

№ фото	SSIM	LPIPS	MS-SSIM	Умови проведення аналізу
1	0.8493	0.1028	0.8244	- фото в студії - тип одягу: верхній
2	0.7205	0.3394	0.5816	- фото на вулиці - тип одягу: верхній - недоліки: руки в кишенях
3	0.6891	0.1708	0.5337	- фото на вулиці - тип одягу: верхній - недоліки: рука перекриває частину

				одягу
4	0.8818	0.1666	0.8295	- фото в студії - тип одягу: повний образ
5	0.9266	0.1584	0.8596	- фото в студії - тип одягу: верхній одяг

Отримані результати обчислень свідчать про середній SSIM 0.81, що є досить хорошим результатом та підтверджує схожість зображень. Такі самі дані були отримані і з другої метрики – LPIPS, а саме в середньому 0.19, що свідчить про високу перцептивну схожість зображень. Однак остання метрика показала не зовсім точні результати, а саме 0.73, що свідчить про наявні відмінності на зображенні. Такий результат було отримано через те що метрика проводить детальний аналіз зображення на схожість, яка була порушена через наявні перешкоди для роботи методу, а саме руки що перекривають частину одягу. Однак візуальна оцінка даних зображень показує те що отримані результати є реалістичними, хоча і не повністю відповідають вхідному зображенню та містять дрібні відмінності в позі користувача. Також, варто зазначити що ця ж метрика показала досить хороші результати при роботі із коректними зображеннями.

Отже, згідно отриманих даних, можна зробити висновок що розроблений метод віртуального примірювання одягу працює коректно з урахуванням різних вхідних даних, проте проявляє неточності в збереженні всіх деталей зображення за наявності певного типу перешкод, наприклад рука, що перекриває частину одягу. Водночас, варто зазначити що дані метрики показують досить точні результати схожості зображень, проте потребують ще візуального аналізу, оскільки отримані дані в деяких випадках свідчать не про повну відповідність фото, однак отримані результати є досить реалістичні та зберігають усі необхідні деталі.

3.3 Висновки до розділу 3

З метою забезпечення максимальної точності та практичності реалізації методу віртуального примірювання одягу, було прийнято рішення провести низку експериментів, які включали як порівняння моделі CatVTON з альтернативними підходами, так і аналіз її продуктивності на різних типах пристроїв. Основна увага приділялась якості візуалізації, збереженню деталей вхідного зображення, точності розміщення одягу відносно тіла користувача, а також обчислювальним вимогам, які висуває модель під час генерації результату. В результаті проведеного аналізу було встановлено що обрана модель повністю відповідає потребам при реалізації методу віртуального примірювання одягу.

Проте, задля оцінки якості роботи методу, було проведено додаткові обчислення з використанням спеціалізованих метрик. Дані метрики дозволили кількісно оцінити якість отриманих результатів після примірювання одягу. А саме були використані метрики SSIM, LPIPS, MS-SSIM. Перша із цих метрик показала в середньому значення 0.81, що являється досить хорошим результатом при використанні фотографій при різних умовах (пози користувачів, одяг, тип одягу який примірюється, фонові об'єкти тощо). Це свідчить про те що отримані фінальні зображення в ході роботи методу схожі до вхідних зображень та зберігають необхідні деталі. Метрика LPIPS також підтвердила хорошу якість роботи методу, оскільки було отримано середнє значення 0.19, що є меншим за 0.3 та являє собою досить хороший результат оцінки перцептивної схожості зображень. Проте середні значення MS-SSIM показали задовільний результат, а саме 0.73, що свідчить про наявність відмінностей на фото. Однак в ході візуальної оцінки даних фото було виявлено що на фото були перешкоди, а саме руки що перекривали одяг, поза яких була змінена у фінальному зображенні. Це свідчить про те що отриманий результат був реалістичним, хоч і не відповідав повністю вхідному зображенню. Отже, з проведеного аналізу можна зробити висновок, що розроблений метод на основі моделі глибокого навчання CatVTON

відповідає поставленому завданню та показує досить точні результати, при відсутності перешкод на фото.

Варто зазначити, що використання даного методу є досить технологічно складним завданням без розуміння необхідних складових його реалізації. Саме тому досить важливим є реалізація коректного вебзастосування, для якого було обрано модульну архітектуру MVC, яка представлена у фреймворку Laravel. Було розроблено основну архітектуру інтернет-магазину у вигляді низки сторінок (представлень), які об'єднані за допомогою спеціальних класів – контролерів, які надають змогу отримувати дані з бази даних, завдяки використанню відповідних моделей (що містять усі зв'язки, поля та інші властивості таблиць), з метою подальшого їх передавання у представлення.

Таким чином, поєднання нейромережевого методу віртуального примірювання з простим і водночас функціональним вебінтерфейсом створює повноцінний інструмент для сучасного онлайн-шопінгу. Такий підхід дозволяє користувачам швидко та зручно приміряти бажаний одяг, завантаживши лише своє фото у відповідне поле на вебсайті. Це призведе до підвищення лояльності клієнтів до інтернет-магазину, що в свою чергу зменшить кількість відмов від замовлень на пошті та фінансові витрати для магазинів на повернення не забраних замовлень, або ж і списання товарів, що не підлягають для повторного продажу.

Загальні висновки

У рамках кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину. Його основною метою була допомога користувачам вебзастосунку в прийманні зваженого рішення про покупку товару шляхом примірювання на них обраного товару на основі завантаженого фото людини, де чітко видно контури її тіла. Мета роботи була досягнута з допомогою використання сучасного фреймворку для веброзробки Laravel на основі мови програмування PHP та моделі CatVTON від дослідник Zheng Chong, розробленої та впровадженої з використанням мови програмування Python. Для виконання даного завдання було проведено аналіз предметної області, після чого розроблено запропонований метод та створено інтернет-магазин готового одягу, в який було його інтегровано.

Результати виконання КРБ. В ході виконання роботи було розроблено метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами з метою допомоги покупцям в виборі товарів з прийманням зваженого рішення про їх покупку на основі результатів примірювання одягу після завантаження фото людини. Метод інтегрований в інтернет-магазин натягує одяг на людину, адаптуючи його до неї, після отримання вхідних даних у вигляді зображення одягу та фото людини, на якому чітко видно контури її тіла. Проведені дослідження показали ефективність використання моделі CatVTON в даному методі та його точність на основі отримання фото в різних умовах (різні пози користувачів, фон та початковий одяг людини).

Функції інформаційної системи. Розроблена інформаційна система надає користувачам можливість використання наступних функцій: перегляд каталогу товарів та їх фільтрування, перегляд детальної інформації про товар, додавання їх у кошик та можливість оформлення замовлення на сайті, а також можливість попереднього примірювання одягу шляхом завантаження зображення людини у відповідне вікно на сторінці детальної інформації товару.

Система може бути розміщена на спеціалізованому сервері та доступною в режимі реального часу за введеною URL-адресою інтернет-магазину.

Відповідність результату поставленому завданню. Отримані результати роботи повністю відповідають завданням, вказаних в пункті 1.4. Згідно них було проведено аналіз предметної області, після чого розроблено метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами та необхідний інтернет-магазин готового одягу. Наступним кроком було інтегровано даний метод у розроблений інтернет-магазин. Було враховано зазначені важливі критерії інформаційної системи, такі як точність результатів віртуального примірювання, зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс інтернет-магазину та використання оптимізованих моделей задля збереження продуктивності роботи методу.

Результати дослідження ефективності. Згідно розробленого методу було прийнято рішення про проведення дослідження ефективності його роботи. Було порівняно використання моделі CatVTON порівняно з іншими, що показало що дана модель показує більш точні результати, використовую удвічі меншу кількість параметрів та значно менше ресурсів ПК. Також вона здатна здійснювати обробку зображень у 2-3 рази швидше, при цьому зберігаючи значну кількість деталей, що було визначено в ході тестування роботи методу на основі різних фото користувачів (у студії, на вулиці та за різних поз, в різному одязі).

Перспективи та ступінь впровадження. Розроблений метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами має значний потенціал для подальшого впровадження в різноманітні інтернет-магазини, так як наразі він запускається на локальному вебсервері, проте може бути реалізований на окремому віддаленому сервері, що надасть можливість поширити доступ до моделі для декількох магазинів одночасно, з використанням попередньо налаштованого доступу до неї за допомогою REST API. Отже перспективи подальшого впровадження даного методу є досить великими та

включають можливість комерційного використання методу з метою поширення даного сервісу серед магазинів одягу.

Можливості та шляхи вдосконалення. Для вдосконалення досвіду використання даного методу можна реалізувати підтримку примірювання не тільки одягу, а і взуття з метою можливості підбору повноцінного образу для людей. А також досить важливим є покращення роботи методу задля збереження аксесуарів на тілі людини, оскільки це може бути ключовим для людей у деяких випадках. Ще одним важливим елементом є покращення правильної генерації зображення людини, а саме збереження більшої кількості деталей, які можуть перекривати одяг на вхідному зображенні людини та будуть втрачені на отриманому результаті. Додатково можна розглянути можливість покращення досвіду використання методу шляхом додавання підтримки віртуального примірювання на основі відео або ж і в режимі реального часу завдяки використанню 3D-моделей одягу та моделей глибокого навчання, що здатні захоплювати контури тіла людини по відео задля забезпечення точної адаптації одягу до тіла людини.

Отже, в ході виконання кваліфікаційної роботи було повністю виконано поставлене завдання, яке полягало в розробці методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами та його інтеграцію в розроблений інтернет-магазин готового одягу для допомоги користувачам у виборі товару шляхом примірювання на них обраного ними одягу на основі зображення на якому чітко видно контури тіла людини. Даний метод має хороші перспективи для подальшого покращення та впровадження.

Перелік посилань

1. Види одягу та його вибір. *Vseosvita.ua*.
URL: <https://vseosvita.ua/lesson/vydy-odiahu-ta-ioho-vybir-677010.html>.
2. Сучасний одяг і вимога до нього. *Vseosvita.ua*.
URL: <https://vseosvita.ua/library/embed/00080d-fcb1.doc.html>.
3. Продавець одна з найдавніших професій. Миколаївський обласний центр зайнятості. URL: <https://mik.dcz.gov.ua/publikaciya/prodavec-odna-z-naudavnishyh-profesiy>.
4. Що таке інтернет-магазин?. *TDSport*.
URL: https://tdsport.com.ua/ua/a350577-chto-takoe-internet.html?srsId=AfmBOopOE5Zy82MEE_wPYcxMfugknqurXNco_A01Z285vCIQW2C6brsm.
5. Що таке бренд і брендинг: створення і просування. *IdeaDigital Agency*.
URL: <https://ideadigital.agency/blog/shho-take-brend-ta-brening/>.
6. Нейромережі: що це таке і де застосовується. *Макнет*.
URL: <https://maxnet.ua/blog/neyroseti-chto-eto-takoye-i-gde-primenyayetsya>.
7. Моделі. типи моделей – урок. *МійКлас*.
URL: <https://www.miyklas.com.ua/p/informatica/6-klas/elektronni-tablitci-449663/modeli-modeliuvannia-450409/re-4584b2f7-0520-4d37-a252-712cad7c1778>.
8. Що таке каталог товарів інтернет-магазину?. *WEBTOP*.
URL: <https://web24.pro/rozrobka-sajtiv-blog/rol-katalogu-tovariv-v-internet-magazyni/>.
9. Як зробити ідеальну сторінку товару для інтернет-магазину. *AG Marketing*. URL: <https://ag.marketing/blog/idealna-storinka-tovaru-dlya-internet-magazynu>.
10. Віртуальні примірочні. *Marketing Link*.
URL: <https://marketing.link/uk/virtualni-primirochni>.
11. Генеративний ШІ: можливості та застосування. *Colobridge*.
URL: <https://blog.colobridge.net/uk/2023/11/generative-artificial-intelligence-ua>.

12. VITON: an image-based virtual try-on network / X. Han та ін. Ieee. 2018. URL: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00787>.
13. Toward characteristic-preserving image-based virtual try-on network / B. Wang та ін. Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV). 2018. P. 589–604. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1807.07688>.
14. ClothFlow: a flow-based model for clothed person generation / X. Han та ін. Proceedings of the IEEE/CVF international conference on computer vision (ICCV). 2019. P. 10471–10480. URL: <https://paperswithcode.com/paper/clothflow-a-flow-based-model-for-clothed>.
15. VITON-HD: High-Resolution Virtual Try-On via Misalignment-Aware Normalization / Seunghwan Choi та ін. Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2021. P. 14131–14140. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.16874>.
16. Kathleen M. Lewis, Srivatsan Varadharajan, Ira Kemelmacher-Shlizerman. TryOnGAN: Body-Aware Try-On via Layered Interpolation. ACM transactions on graphics (TOG). 2021. P. 1–10. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.02285>.
17. Design and implementation of virtual fitting system based on gesture recognition and clothing transfer algorithm / Y. Wu та ін. Scientific reports. 2022. Vol. 12, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21734-y>.
18. OpenNI. Purdue SIGBots Wiki. URL: <https://wiki.purduesigbots.com/software/object-recognition/openni>.
19. A mixed reality virtual clothes try-on system / M. Yuan та ін. IEEE transactions on multimedia. 2013. Vol. 15, no. 8. P. 1958–1968. URL: <https://doi.org/10.1109/tmm.2013.2280560>.
20. AVATRY: virtual fitting room solution / Harsh Pratap Singh та ін. 2nd international conference on computer, communication and control (IC4). 2024. URL: <https://doi.org/10.1109/IC457434.2024.10486798>.
21. Huang S., Huang L. CLO3D-Based 3D virtual fitting technology of down jacket and simulation research on dynamic effect of cloth. Wireless communications

and mobile computing. 2022. Vol. 2022. P. 1–11.
URL: <https://doi.org/10.1155/2022/5835026> .

22. Werdayani D., Widiaty I. Virtual fitting room technology in fashion design. IOP conference series: materials science and engineering. 2021. Vol. 1098, no. 2. P. 022110. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1098/2/022110> .

23. Walmart rolls out Zeekit virtual fitting room technology. Just Style. URL: <https://www.just-style.com/news/walmart-roll-out-zeekit-virtual-fitting-room-technology/?cf-view> .

24. Walmart: все, що потрібно в одному інтернет-магазині!. Meest Shopping. URL: <https://meest.shopping/ua/articles/item/walmart-vse-so-potribno-v-odnomu-internet-magazini>.

25. Hart J. Walmart introduces virtual fitting room feature so customers can try on clothes from home – but it requires stripping down to your underwear or tight-fitting clothing to use. Business Insider. URL: <https://www.businessinsider.com/walmart-introduces-virtual-fitting-room-feature-requires-tight-clothing-underwear-2022-9> .

26. Inspired by glass: transparent displays for retail applications. Corning. URL: <https://www.corning.com/worldwide/en/innovation/the-glass-age/inspiration/transparent-displays-for-retail-applications.html> .

27. Офлайн-магазин або онлайн-магазин: за та проти. khmelnytsky.com.ua - Сайт міста. URL: <https://khmelnytsky.com.ua/ua/article/107009-oflayn-magazin-abo-onlayn-magazin-za-ta-proti>.

28. New mirror brings out the supermodel in shoppers. lohud. URL: <https://www.lohud.com/story/insider/extras/2015/11/12/new-mirror-brings-out-supermodel-shoppers/75583876/> .

29. PICTOFiT transforms fashion products into smart virtual assets. Reactive Reality. URL: <https://www.reactivereality.com/pictofit> .

30. Reactive reality. TU Graz. URL: <https://www.tugraz.at/fakultaeten/csbme/start-ups/reactive-reality> .

31. Pajkovic N. AR-Enabled retail tools. TrendHunter.com. URL: <https://www.trendhunter.com/trends/pictofit> .
32. CatVTON. *GitHub*. URL: <https://github.com/zheng-chong/catvton>.
33. GitHub · Build and ship software on a single, collaborative platform. *GitHub*. URL: <https://github.com/> .
34. Що таке SSIM для класифікації зображень?. *Компетентний довідник*. URL: <https://ruki.liberty.cx.ua/vzaiemodiya/shho-take-ssim-dlya-klasifikacii-zobrazhen.html>.
35. Learned Perceptual Image Patch Similarity (LPIPS). *The OECD Artificial Intelligence Policy Observatory - OECD.AI*. URL: <https://oecd.ai/en/catalogue/metrics/learned-perceptual-image-patch-similarity-lpips>.
36. Multi-Scale SSIM. *Lightning AI*. URL: https://lightning.ai/docs/torchmetrics/stable/image/multi_scale_structural_similarity.html.
37. Що таке веб додаток? Різниця між сайтом, веб-додатком, SPA і PWA. *Webcase*. URL: <https://webcase.com.ua/uk/blog/cho-takoe-web-prilozhenie-vse-vidy/>.
38. Що таке Laravel?. *Probotiuk*. URL: <https://probotiuk.com/blog/sho-take-laravel> .
39. Ознайомлення з патерном MVC (Model-View-Controller). *JavaRush*. URL: <https://javarush.com/ua/groups/posts/uk.2536.chastina-7-oznayomlennja-z-paternom-mvc-model-view-controller> .
40. GitHub - comfyanonymous/ComfyUI. *GitHub*. URL: <https://github.com/comfyanonymous/ComfyUI> .
41. What is CUDA and How Does it Work?. *incredibuild*. URL: <https://www.incredibuild.com/integrations/cuda>.
42. Contributors to Wikimedia projects. Central processing unit. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Central_processing_unit.

43. CatVTON: Concatenation Is All You Need for Virtual Try-On with Diffusion Models. *arXiv preprint*. 2024.

URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.15886> .

44. Image Similarity Index (SSIM analysis). *Kaggle*.
URL: <https://www.kaggle.com/code/alsaniipe/image-similarity-index-ssim-analysis>.

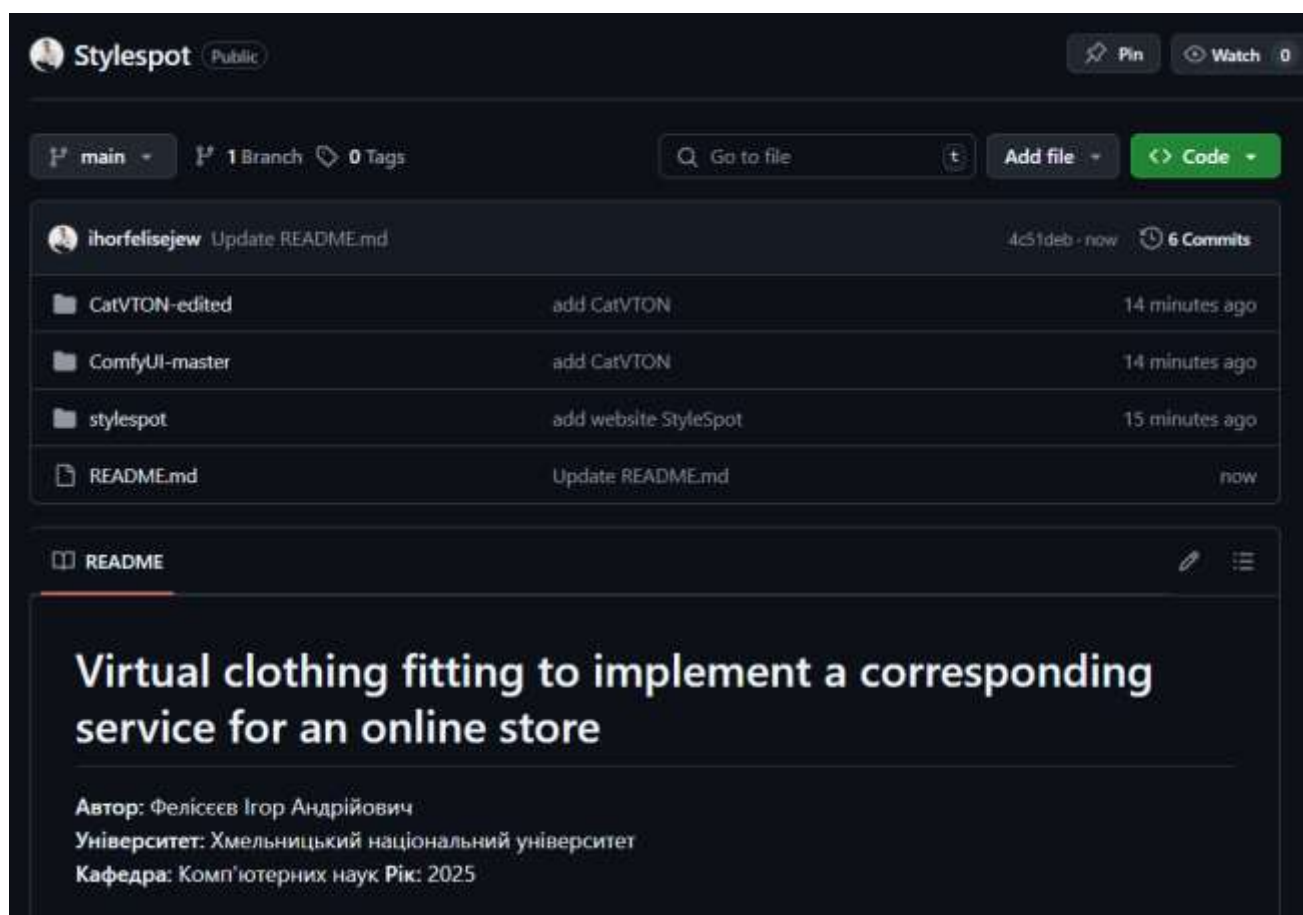
45. Contributors to Wikimedia projects. Fréchet inception distance. *Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Fréchet_inception_distance.

ДОДАТКИ

Додаток А

Програмний код

Код методу віртуального примірювання одягу нейромержевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет магазину розташований за наступною адресою: <https://github.com/ihorfelisejew/Stylespot/>



Він містить декілька основних каталогів:

1. Stylespot – папка, що містить усі файли вебзастосування інтернет-магазину готового одягу
2. CatVTON-edited – модель віртуального примірювання одягу
3. ComfyUI-master – графічний інтерфейс для роботи з моделями глибокого навчання

Додаток Б

Презентаційний матеріал

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину

Виконав:
студ. групи КН-21-2
Ігор ФЕЛІСЄЄВ
Керівник:
д.т.н. зав. кафедри КН
Олександр БАРМАК

2

Актуальність



Переваги використання методу віртуального примірювання одягу:

- ▶ Збільшення лояльності покупців, шляхом надання можливості приміряти одяг та прийняти зважене рішення про його покупку на основі отриманого результату
- ▶ Зменшення відмов від замовлень на пошті, тим самим зменшення фінансових витрат на повернення товарів та списання у разі непридатності для перепродажу

Постановка задачі

Метою кваліфікаційної роботи є допомога користувачам інтернет-магазинів у виборі товарів, шляхом реалізації методу віртуального примірювання одягу. Для реалізації поставленого завдання необхідно виконати наступні етапи:

- ▶ Проаналізувати предметну область
- ▶ Розробити метод віртуального примірювання одягу
- ▶ Розробити застосунок інтернет-магазину готового одягу
- ▶ Інтегрувати розроблений метод в інтернет-магазин
- ▶ Провести тестування вебзастосування та методу, в умовах, наближених до реальних, для оцінки їх ефективності та точності

Архітектура моделі глибокого навчання CatVTON

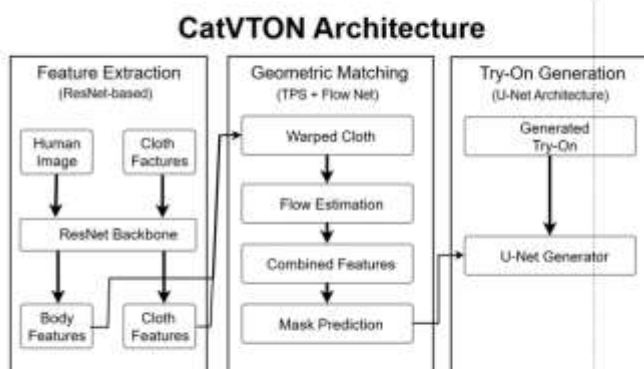
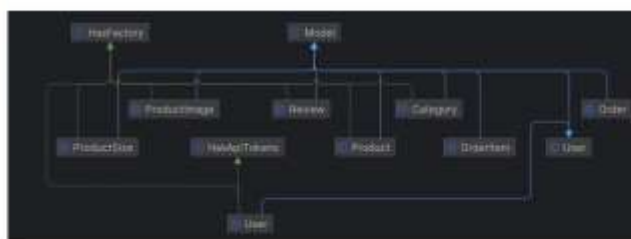
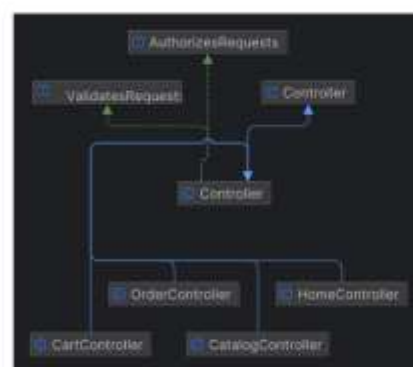


Схема роботи методу віртуального примірювання одягу



5

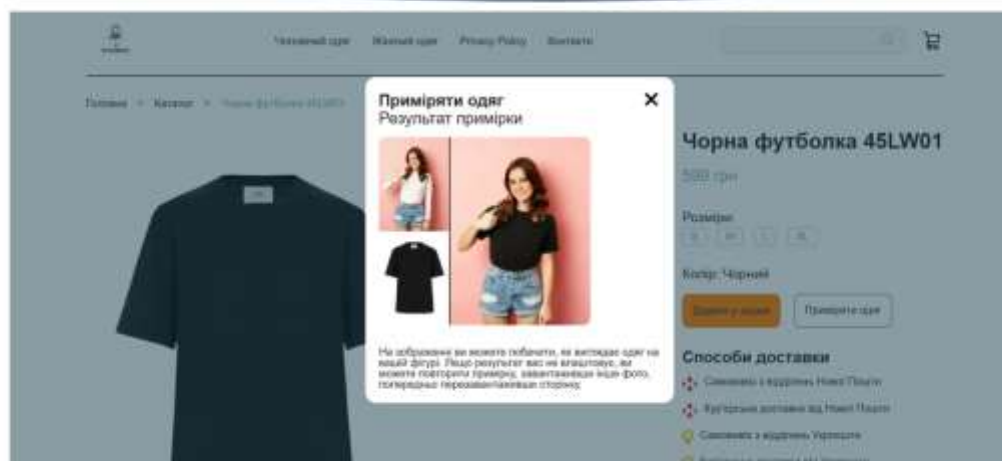
Діаграми класів архітектурних складових моделі та контролери



6

7

Результат роботи методу



8

Результат виконаної роботи

Згідно поставленого завдання кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено метод віртуального примірювання одягу, який був інтегрований в розроблений інтернет-магазин. Дане вебзастосування містить наступні функції:

- Віртуальна примірка одягу в інтернет-магазині
- Перегляд каталогу товарів та можливість їх фільтрування за певними критеріями
- Перегляд детальної інформації про товар
- Можливість додавання товару в кошик з метою подальшого його замовлення
- Можливість оформлення замовлення на відповідній сторінці

Отриманий результат повністю відповідає поставленому завданню та реалізує всі його функції

Дякую за увагу !!!

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 3.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. **Errors in the documents: 9%**

ID: 244095 Title: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА на тему Метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину Added in a DB: 2025-06-08 Authors: Ігор ФЕЛІССЄВ Heads: Олександр БАРМАК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	80090	1183	3337 (4%)	52 (4%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

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

Автор: Ігор ФЕЛІСЄЄВ

Співавтор:

Назва: КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА на тему Метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину

Науковий керівник: Олександр БАРМАК, д.т.н., проф.

Підрозділ: Кафедра комп'ютерних наук

Коефіцієнт подібності 1: 4.1%

Коефіцієнт подібності 2: 2%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 139

Дата створення звіту: 2025-06-08 08:23:35.0

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 процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-08

Дата

експерт

П. П. Петровський

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Назва кваліфікаційної роботи Метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину

Автор студент групи КН-21-2 Ігор Фелісеєв

Освітня програма Комп'ютерні науки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 122 – Комп'ютерні науки

Науковий керівник: д.т.н., проф., зав. каф. комп'ютерних наук Олександр БАРМАК

На основі аналізу кваліфікаційної роботи на дотримання вимог академічної доброчесності (у т.ч. відсутності ознак академічного плагіату) з урахуванням результатів перевірки роботи спеціалізованим 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 Ігоря Фелісеєва, 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.

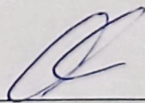
Обсяг запозичень, визначений системами виявлення збігів/ідентичності/схожості:

- за системою Anti-Plagiarism: 3%;

- за системою StrikePlagiarism КП1: 4.1%, КП2: 2%.

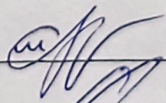
08.06.2025

Завідувач кафедри



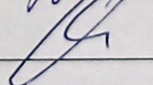
Олександр БАРМАК

Гарант освітньої програми



Олександр МАЗУРЕЦЬ

Керівник кваліфікаційної роботи



Олександр БАРМАК



**ВІДГУК НАУКОВОГО КЕРІВНИКА
на кваліфікаційну роботу бакалавра**

студента *гр. КН-21-2 Феліссєва Ігора Андрійовича*

за темою Метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину

1. Актуальність теми

Актуальним завданням, яке потребує аналізу і досліджується у даній роботі, є розробка методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину. Запропонований метод дозволить суттєво зменшити кількість відмов від замовлень на етапі отримання через невідповідність зовнішнього вигляду товару або інші вподобання покупців. Це, у свою чергу, сприятиме підвищенню лояльності клієнтів та зменшенню фінансових втрат магазину, пов'язаних із поверненням не забраних товарів і списанням одиниць, не придатних для повторного продажу.

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

За стандартом, а саме описом предметної області, об'єктами вивчення та діяльності є математичні, інформаційні, імітаційні моделі реальних явищ, об'єктів, систем і процесів та методи і технології отримання, зберігання, обробки, передачі та використання інформації.. У роботі використано моделі глибокого навчання для комп'ютерного зору. Тому результати виконання кваліфікаційної роботи бакалавра відповідають стандарту бакалавра спеціальності 122 – Комп'ютерні науки.

3. Професійні та особистісні якості бакалавра

При роботі над кваліфікаційною роботою бакалавра Феліссєв Ігор Андрійович проявив себе кваліфікованим фахівцем та дисциплінованим студентом, вчасно виконуючи поставлені завдання дослідження. Як в процесі написання пояснювальної записки, так і при розробці відповідного методу проявив достатні для одержання успішного результату компетентності та результати навчання. Опанував професійні скіли за напрямком «Комп'ютерні науки» та достатньо значний софт скіл.

4. Ступінь самостійності під час виконання кваліфікаційної роботи

Одержані в роботі результати є наслідком особистої діяльності студента, який самостійно виконував всі поставлені завдання.

5. Ступінь оволодіння методами дослідження

При реалізації кваліфікаційної роботи показав достатній рівень компетентностей та володіння необхідними інструментами та обладнанням, методами, методиками та технологіями предметної області комп'ютерних наук.

6. Повнота та якість розкриття теми роботи

Тема роботи в повній мірі обгрунтована й розкрита, проведено аналіз актуальності та відомих досліджень в межах обраної теми, поставлені завдання, які у роботі виконані, та розроблено вебзастосування для інтеграції та реалізації запропонованого метода.

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

Структура роботи та послідовність викладення логічні та відповідають поставленій меті. Викладення матеріалу послідовне, аргументоване, літературно грамотне.

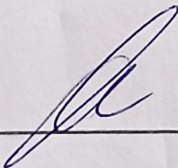
8. Можливість практичного застосування кваліфікаційної роботи бакалавра, окремих її частин

Розроблений у роботі метод та його програмна реалізація можуть бути використані інтернет-магазинами для інтеграції у свої вебсайти з метою збільшення лояльності клієнтів та зменшення фінансових витрат на повернення та списання не забраних товарів.

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

Враховуючи високий рівень виконання та забезпечення усіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка «відмінно».

Керівник _____



д.т.н., проф. зав. каф. КН Олександр БАРМАК



РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента *гр. КН-21-2 Феліссєва Ігора Андрійовича*

за темою: Метод віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами для реалізації відповідного сервісу для інтернет-магазину

1. Актуальність обраної теми

Актуальність обраної студентом теми є досить високою, зважаючи на стрімкий розвиток інтернет-комерції та значний попит користувачів на покупку нового одягу. Запропонований у роботі метод може допомогти збільшити лояльність клієнтів до інтернет-магазину, шляхом отримання можливості приймати зважені рішення про покупку, після того як вони побачать зовнішній вигляд одягу на власній фігурі, а також зменшити витрати магазинів на повернення не забраних замовлень та списання не придатних для перепродажу товарів.

2. Повнота розкриття мети та завдань роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра студент Феліссєв Ігор Андрійович повністю розкрив мету роботи, а саме допомога людям у виборі товарів в інтернет-магазині. Провівши оцінку покращення лояльності клієнтів, він довів, що мету роботи було досягнуто. Усі поставлені завдання кваліфікаційної роботи бакалавра також було виконано повною мірою.

3. Зміст кожного розділу роботи

У першому розділі роботи було ретельно оглянуто різні підходи та приклади до реалізації методу віртуального примірювання одягу. Другий розділ присвячено розробці методу віртуального примірювання одягу нейромережевими засобами, з використанням моделі глибокого навчання *SiVTON*, а також спроектовано відповідне вебзастосування. У третьому розділі було проведено тестування вебзастосування з інтегрованим у нього методом віртуального примірювання одягу, яке показало ефективність використання даного методу при різних умовах, наближених до реальності. Усі розділи роботи є гарно структурованими та повністю розкривають зміст досліджуваної теми.

4. Оцінка розробленого методу та його практична цінність

Розроблений метод віртуального примірювання одягу має практичну цінність для використання у інтернет-магазинах готового одягу, оскільки, за допомогою нього, можна без фізичної присутності точно та швидко приміряти обраний одягу на конкретну людину зв її фотозображеннями. Розроблений вебзастосунок інтернет-магазину має привабливий та зрозумілий для користувачів інтерфейс, має усі необхідні функції, щоб з нею могли працювати як адміністратори, так і споживачі.

5. Якість оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра

Кваліфікаційна робота бакалавра відповідає усім вимогам оформлення, повністю розкриває тему дослідження та її мету. Структура роботи та послідовність викладення логічні та відповідають поставленій меті. Викладення матеріалу послідовне, аргументоване, літературно грамотне.

6. Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра

Інтерфейс вебзастосування в основному орієнтований на десктопні пристрої, і не повністю адаптований під мобільні екрани. Зазначений недолік не впливає на позитивну оцінку кваліфікаційної роботи.

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

Враховуючи рівень виконання та забезпечення усіх необхідних вимог, робота може бути допущена до захисту. Рекомендована оцінка «відмінно».

Рецензент



Богодуха І.П.