

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-355-27>
УДК 004.93

КАЗАРЯН АРТЕМ

Національний університет «Львівська політехніка»
<https://orcid.org/0000-0002-6883-0233>
e-mail: artem.h.kazarian@lpnu.ua

ВИЛІТКОВА АНАСТАСІЯ

Національний університет «Львівська політехніка»
<https://orcid.org/0009-0000-5190-3697>
e-mail: anastasiia.vylitkova.kn.2021@lpnu.ua

ІВАСІВ СТАНІСЛАВ

Національний університет «Львівська політехніка»
<https://orcid.org/0009-0007-3406-7376>
e-mail: stanislav.s.ivasiv@lpnu.ua

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КОМБІНАЦІЙ ОДЯГУ НА ОСНОВІ ОЦІНКИ СУМІСНОСТІ ТА ПОГОДНИХ УМОВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЛИКИХ МОВНИХ МОДЕЛЕЙ

У статті описано веб-застосунок цифрового помічника у виборі одягу, який використовує можливості штучного інтелекту для класифікації, збереження та підбору одягу відповідно до погоди та стилістичних уподобань користувача. Рішення поєднує сучасні веб-технології, API для отримання погодних даних, хмарні сервіси Firebase та велику мовну модель для розпізнавання та категоризації одягу. Реалізація демонструє ефективність інтеграції великої мовної моделі з інтерфейсом користувача та сервісами для створення персоналізованих рекомендацій в реальному часі.

Ключові слова: рекомендації одягу, великі мовні моделі, сумісність одягу, адаптація до погоди, розумний гардероб, вебзастосунок

KAZARIAN ARTEM, ANASTASHIA VYLITKOVA, IVASIV STANISLAV

Lviv Polytechnic National University

AUTOMATED SYSTEM FOR GENERATING OPTIMAL CLOTHING COMBINATIONS BASED ON COMPATIBILITY ASSESSMENT AND WEATHER CONDITIONS USING LARGE LANGUAGE MODELS

This article presents the development and implementation of a web-based intelligent assistant for generating optimal clothing combinations based on real-time weather conditions and individual style preferences. The core innovation lies in the integration of large language models (LLMs), specifically OpenAI's GPT-based API, which enables the automated classification, description, and compatibility assessment of clothing items. The system operates as a personalized wardrobe assistant that leverages cloud-based data storage, modern front-end technologies, weather APIs, and semantic analysis to deliver stylistically coherent and weather-appropriate outfit recommendations.

The proposed solution addresses the growing need for intelligent wardrobe management and outfit planning tools by automating decision-making processes that traditionally require personal judgment or domain-specific expertise. Users can upload images of their clothing items, which are processed using the LLM to extract relevant attributes including type, subtype, style, color, weather suitability, and gender. The processed data is stored in Firebase Firestore and serves as the basis for generating personalized outfit recommendations.

A key component of the recommendation algorithm is the compatibility matrix, which evaluates the stylistic and color harmony between various clothing elements. Compatibility scores are pre-defined based on common fashion principles and empirical observations. The algorithm calculates a weighted score for each possible outfit by considering both structural (e.g., shirt with jeans) and visual (e.g., black with white) compatibility. It also incorporates current weather data obtained via the Open-Meteo API, which includes parameters such as temperature, wind speed, and precipitation. These values are transformed into descriptive weather categories (e.g., cold, hot, windy) to refine the selection of suitable clothing items.

The system's user interface is built with HTML, CSS, Bootstrap 5, and JavaScript, providing a responsive and intuitive environment. Users interact with the system through several dedicated pages: uploading and classifying clothes, browsing the wardrobe, viewing local weather forecasts, and generating optimal outfit suggestions. The architecture supports drag-and-drop functionality for image uploads, automatic geolocation, real-time API interactions, and dynamic filtering based on weather and style input.

The recommendation algorithm performs multi-stage processing: initial weather and style filtering, grouping clothes by type (top, bottom, footwear, outerwear), calculating all feasible combinations, and scoring them using compatibility formulas. The five best-scoring combinations are presented to the user. This approach ensures that the generated outfits are not only weather-compliant but also visually and stylistically balanced.

Testing of the web application demonstrated high accuracy in clothing classification and relevance of generated outfits. The results validate the feasibility of using LLMs for semantic garment analysis and highlight the potential of such systems in fashion consulting, virtual wardrobes, and e-commerce personalization. Furthermore, the modular design and cloud-based architecture facilitate future expansion, including social features and brand-based recommendations.

Keywords: clothing recommendation, large language models, outfit compatibility, weather adaptation, smart wardrobe, web application

Стаття надійшла до редакції / Received 29.05.2025

Прийнята до друку / Accepted 26.06.2025

Постановка проблеми

Сучасні користувачі стикаються з проблемами вибору відповідного одягу залежно від погоди, нагоди або настрою. Популярність мобільних додатків для стилізації свідчить про зростаючий попит на

інтелектуальні системи, здатні допомогти у щоденному виборі гардеробу. У даній роботі пропонується реалізація веб-застосунку, який вирішує цю задачу за допомогою інтелектуального аналізу одягу, хмарного зберігання гардеробу та генерації рекомендацій з урахуванням поточних погодних умов.

Аналіз досліджень та публікацій

У літературі представлено різноманітні підходи до класифікації та рекомендацій одягу: від класичних методів машинного навчання до глибоких нейронних мереж. Попередні дослідження акцентують увагу на класифікації зображень одягу за допомогою CNN-моделей або ResNet-архітектур [1]. Інші підходи включають використання кольорних моделей або векторних представлень стилю [2]. Проте, більшість рішень вимагають складного процесу навчання або не забезпечують інтеграцію з актуальними погодними умовами [3, 4]. Також, опублікована робота [5] у якій обговорюється використання технологій класифікації стилю для персоналізованих рекомендацій. На відміну від розглянутих рішень, у розробленій системі використано велику мовну модель OpenAI, яка дозволяє формувати адаптивні описи та класифікацію без необхідності навчання на стороні клієнта, що робить систему гнучкою та масштабованою [6, 7, 8].

Методи реалізації

У веб-застосунку використано HTML, CSS, Bootstrap 5 для побудови адаптивного інтерфейсу користувача. JavaScript відповідає за динамічну обробку подій, зокрема завантаження зображень, взаємодію з API та відображення елементів інтерфейсу. Firebase Firestore застосовується як хмарне сховище даних гардеробу, де кожен елемент містить детальні атрибути, включаючи тип, підтип, колір, стиль, погоду відповідність та стаття. Для аналізу зображення одягу використовується API великої мовної моделі від провайдера OpenAI [6, 7], при завантаженні зображення перетворюється в base64-формат, надсилається до моделі з відповідною інструкцією-підказкою, а отримані результати аналізуються та зберігаються у хмарній базі даних Firestore Database, що є частиною платформи хмарних сервісів Firebase розробленої корпорацією Alphabet [9]. Отримання погодних умов базується на Open-Meteo API, яке повертає набір параметрів, що надалі трансформуються в описові категорії: холодно, спекотно, вітряно тощо [10]. Для визначення місцезнаходження користувача використовується Geolocation API браузера та геокодування за допомогою Nominatim.

Виклад основного матеріалу

Функціональність розділена на кілька окремих веб-сторінок. Сторінка “Додати одяг” дозволяє завантажити зображення через “drag-and-drop” або вибір файлу. Зображення відображається у попередньому перегляді, запускається аналіз за допомогою великої мовної моделі, і після обробки користувач може зберегти елемент у гардероб. Сторінка “Мій гардероб” відображає всі збережені речі у вигляді карток, що містять опис, фото, теги стилю та погоди. Передбачена можливість видалення елементів гардеробу. Сторінка “Одяг на сьогодні” дозволяє обрати бажаний стиль одягу, після чого автоматично визначається місцезнаходження користувача, завантажуються погодні умови, і система відбирає релевантні речі з гардеробу.

Окрема роль у розрахунку загального коефіцієнта сумісності одягу відіграє таблиця коефіцієнтів сумісності між окремими підтипами одягу. Для кожної пари “верх-низ” або “взуття-одяг” визначено числове значення від 0 до 10, що відображає стилістичну гармонію та загальну прийнятність поєднання. Наприклад, футболка добре поєднується з шортами (коефіцієнт 9) та джинсами (коефіцієнт 8), а сорочка краще виглядає з класичними штанами (9), ніж із джинсами (7). Ці значення дозволяють системі не лише механічно поєднувати речі за типами, але й враховувати їхню естетичну відповідність. Розрахунок загального балу сумісності комплекту одягу включає цей коефіцієнт як один із множників. Це дозволяє пріоритетувати вдалі комбінації при формуванні добірки одягу. Приклад коефіцієнтів сумісності між окремими підтипами одягу представлений у таблиці 1.

Таблиця 1

Коефіцієнти сумісності між окремими підтипами одягу

Верхній одяг	Нижній одяг	Коефіцієнт
T-Shirt	Jeans	8
Shirt	Trousers	9
Blouse	Skirt	9
Sweater	Trousers	8
Sneakers	Shorts	9
Boots	Jeans	9

Формула (1) розрахунку загального коефіцієнта сумісності комплекту виглядає наступним чином:

$$S = \frac{C_{vt} + C_{vs} + C_{ts}}{N} \quad (1)$$

де S – оцінка сумісності підтипів одягу;

C_{vt} – коефіцієнт сумісності між верхнім і нижнім одягом;

C_{vs} – коефіцієнт сумісності між верхнім одягом і взуттям;

C_{ts} – коефіцієнт сумісності між нижнім одягом і взуттям;

N – кількість доступних пар у формулі (для запобігання діленню на нуль).

Такий підхід дозволяє створювати не просто випадкові комбінації, а стилістично узгоджені аутфіти. Базуючись на цих коефіцієнтах, алгоритм будує рекомендації, які виглядають естетично та відповідають очікуванням користувача.

Для покращення естетичної якості рекомендованих комбінацій одягу в системі враховується також сумісність кольорів. Кожна пара кольорів (наприклад, чорний і білий) має попередньо визначений коефіцієнт сумісності у діапазоні від 0 до 10. Ці значення базуються на загальних принципах кольорознавства, модних тенденціях і емпіричних спостереженнях. При обчисленні загального балу сумісності образу враховується сума всіх парних комбінацій кольорів між верхнім одягом, нижнім одягом і взуттям. Наприклад, якщо верх має чорний колір, низ – білий, а взуття – синє, тоді враховуються коефіцієнти для пар: чорний-білий, чорний-синій, білий-синій.

Приклад коефіцієнтів сумісності між окремими підтипами одягу представлений у таблиці 2.

Таблиця 2

Коефіцієнти сумісності між кольорами одягу

Колір 1	Колір 2	Коефіцієнт
Black	White	9
Black	Blue	7
White	Red	7
Blue	Beige	6
Green	Brown	6
Navy	Gray	8

Формула (2) обчислення кольорової сумісності комплекту виглядає наступним чином:

$$S_c = \frac{C_{cv} + C_{ct} + C_{cs}}{N} \quad (2)$$

де S_c – загальний бал сумісності кольорів;

C_{cv} – коефіцієнт сумісності між кольором верхнього одягу і взуття;

C_{ct} – коефіцієнт сумісності між кольором верхнього і нижнього одягу;

C_{cs} – коефіцієнт сумісності між кольором нижнього одягу і взуття;

N – кількість врахованих пар кольорів (2 або 3).

Такий підхід дозволяє автоматизованій системі формувати візуально збалансовані образи, зберігаючи стильовий смак і кольорову гармонію.

Алгоритм підбору одягу складається з декількох етапів. На першому кроці з гардеробу користувача відбираються речі, які відповідають поточним погодним умовам і стилю, обраному користувачем. Далі відібрані речі групуються за типами одягу: верхній одяг, нижній одяг, взуття та за наявності – додатково верхній шар (куртка, пальто тощо). Після цього формується список можливих комбінацій: поєднання верхнього, нижнього одягу та взуття, з додаванням верхнього шару, якщо він доступний. Для кожної комбінації обчислюється сумарний бал сумісності. Цей бал включає коефіцієнти кольорової сумісності між парами елементів (наприклад, між верхом і низом, між низом і взуттям), а також коефіцієнти сумісності типів одягу (наприклад, сорочка з джинсами, або пальто з кофтами). Якщо присутній верхній шар, він також враховується в розрахунках через сумісність кольору та типу. Після обчислення всіх можливих комбінацій система сортує їх за спаданням сумісності та повертає п'ять найкращих варіантів.

Формула (3) розрахунку загального балу сумісності комбінації комплекту виглядає наступним чином:

$$S_t = \sum_{i=1}^n C_{color}^{(i)} + \sum_{j=1}^m C_{type}^{(j)} \quad (3)$$

де S_t – загальний бал сумісності для однієї комбінації;

$C_{color}^{(i)}$ – коефіцієнт сумісності кольорів між i -ю парою елементів одягу;

$C_{type}^{(j)}$ – коефіцієнт сумісності типів одягу між j -ю парою елементів;

n – кількість пар для оцінки кольорової сумісності;

m – кількість пар для оцінки сумісності типів одягу.

Представлена формула дозволяє кількісно оцінити кожен можливу комбінацію одягу на основі об'єктивних критеріїв сумісності. Таким чином, система забезпечує персоналізовані рекомендації з урахуванням стилю, погодних умов і естетичної гармонії елементів гардеробу.

Результати дослідження

Реалізований веб-застосунок дозволяє користувачам створити цифровий гардероб, автоматично класифікувати одяг, а також отримувати персоналізовані рекомендації на основі погоди та вибраного стилю. Тестування показало високу точність класифікації з використанням великої мовної моделі, а також релевантність запропонованих образів. Інтерфейс забезпечує інтуїтивну навігацію, швидке відображення результатів, підтримку адаптивності та розширюваність. Застосунок може бути основою для мобільної версії або розширення функціональності, включно з соціальними функціями або рекомендаціями брендів. Розроблений застосунок містить п'ять веб-сторінок: головна сторінка, сторінка прогнозу погоди у місті

користувача, сторінка додавання одягу у гардероб користувача, сторінка відображення всіх елементів одягу у гардеробі користувача, сторінка автоматизованого підбору можливих варіантів комбінацій елементів гардеробу користувача відповідно до вибраного користувачем стилю одягу та погодніх умов у місті користувача.

Сторінка прогнозу погоди у місті користувача зображена на рисунку 1.

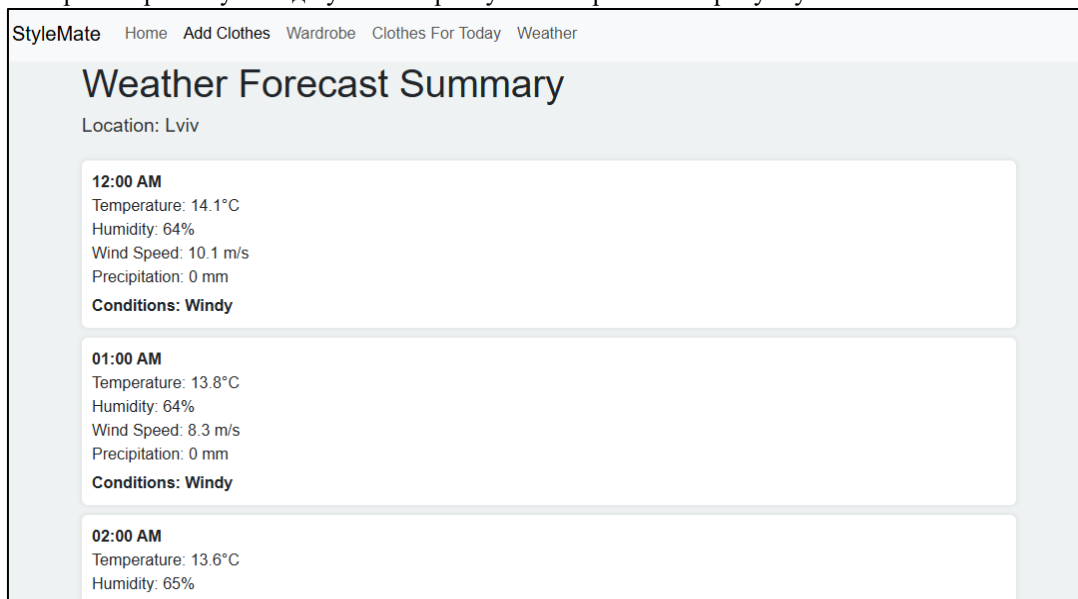


Рис. 1. Сторінка прогнозу погоди у місті користувача

Сторінка додавання одягу у гардероб користувача зображена на рисунку 2.

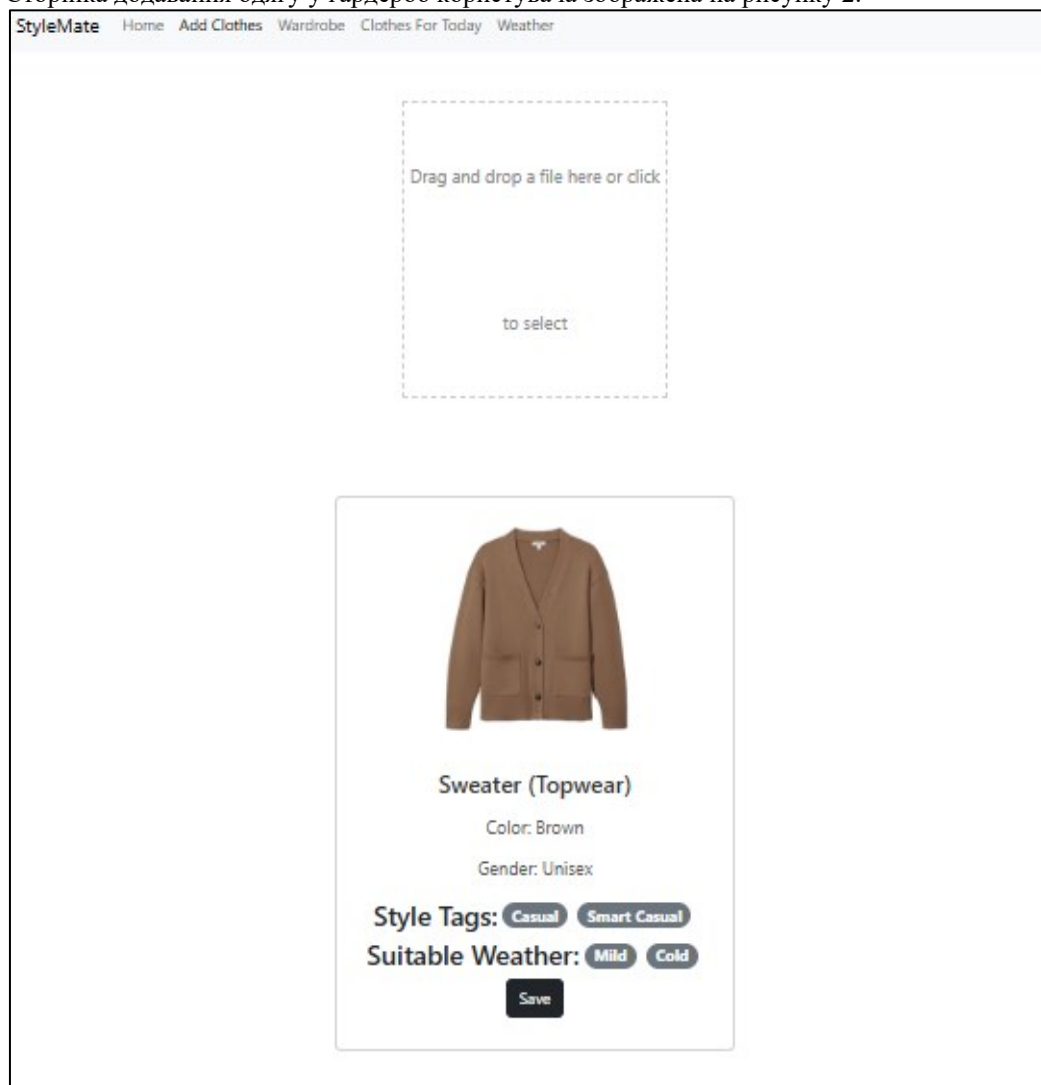


Рис. 2. Сторінка додавання одягу у гардероб користувача

Сторінка відображення всіх елементів одягу у гардеробі користувача зображена на рисунку 3.

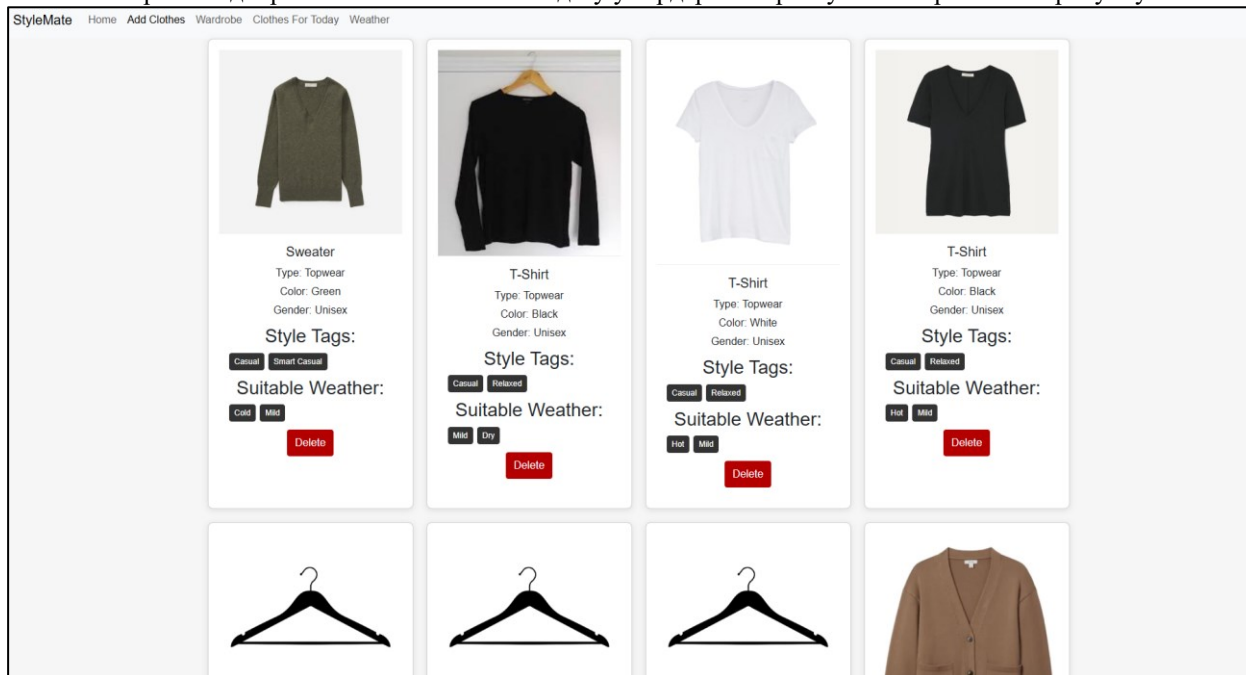


Рис. 3. Сторінка відображення всіх елементів одягу у гардеробі

Сторінка автоматизованого підбору можливих варіантів комбінацій елементів гардеробу користувача відповідно до вибраного користувачем стилю одягу та погодних умов у місті користувача зображена на рисунку 4.

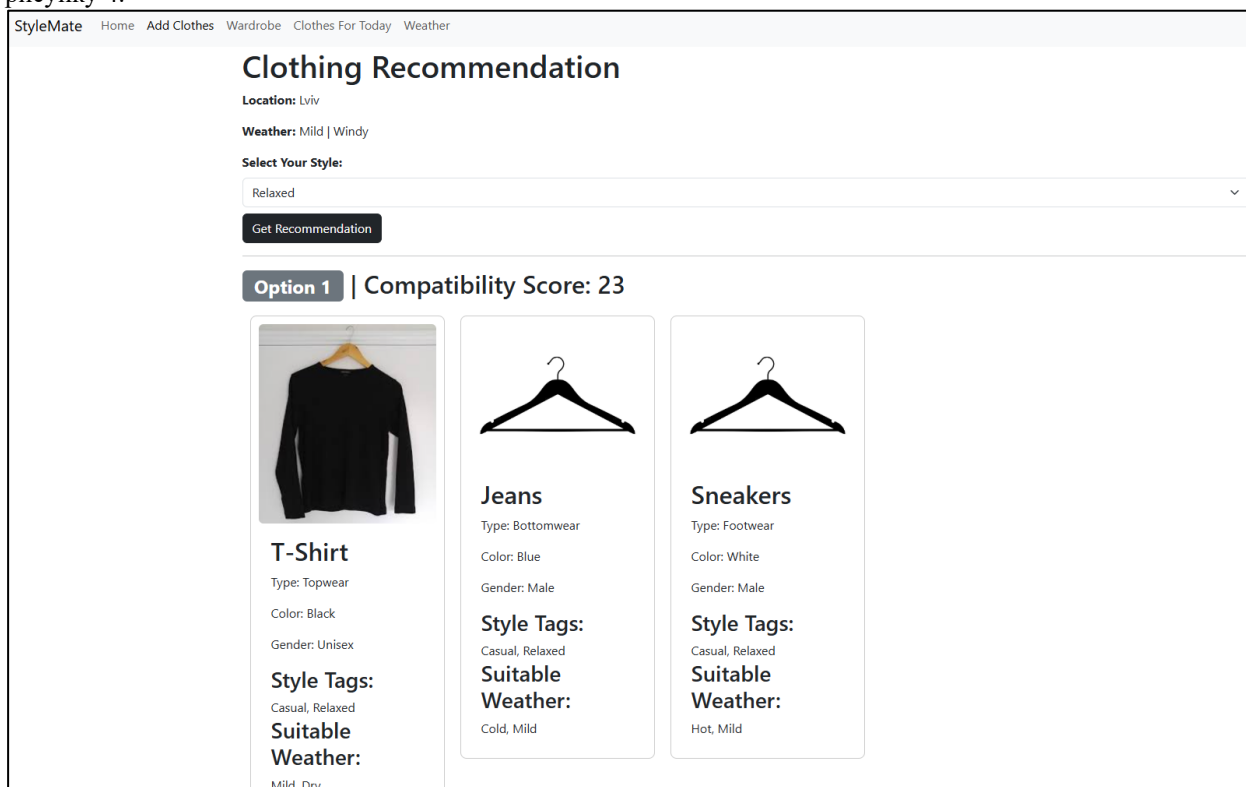


Рис. 4. Сторінка автоматизованого підбору комбінацій елементів гардеробу

Висновки

Розроблений застосунок демонструє практичне застосування великих мовних моделей у сфері персоналізованих рекомендацій. Використання великої мовної моделі для класифікації зображень, Firebase для зберігання даних та інтеграція погодних API дозволяє створити інтелектуального стилістичного помічника без необхідності складного навчання моделей. Такий підхід відкриває перспективи для побудови систем модного консалтингу, віртуальних гардеробів та персоналізованої аналітики споживацьких уподобань.

Література

1. Zhang H., Liu J., Huang S. DeepFashion2: A versatile benchmark for detection, pose estimation, segmentation and re-identification of clothing images // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2020. – P. 109–118. – DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.07973>.
2. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 770–778. – DOI: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>.
3. Hsiao W., Grauman K. Learning the Latent “Look”: Unsupervised Discovery of a Style-Coherent Embedding from Fashion Images // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2022. – P. 1234–1243. – DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1707.03376>.
4. Теслюк В. М., Івасів С. С. Система для розпізнавання елементів одягу та їх кольорів на зображенні // Український журнал інформаційних технологій. – 2023. – Т. 5, № 2. – С. 25–32. – DOI: <https://doi.org/10.23939/ujit2023.02.025>.
5. Crudu A., MoldStud Research Team. AI in Fashion Industry: Personalized Styling Recommendations [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу: <https://moldstud.com/articles/p-ai-in-fashion-industry-personalized-styling-recommendations>.
6. OpenAI. GPT-4 technical report [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://openai.com/research/gpt-4>.
7. OpenAI. OpenAI API Documentation [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://platform.openai.com/docs/api-reference>.
8. OpenAI. Introducing our latest image generation model in the API [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: <https://openai.com/index/image-generation-api/>.
9. Firebase. Cloud Firestore Documentation [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://firebase.google.com/docs/firestore>.
10. Open-Meteo. Open-Meteo API Documentation [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу: <https://open-meteo.com/en/docs>.

References

1. Zhang H., Liu J., Huang S. DeepFashion2: A versatile benchmark for detection, pose estimation, segmentation and re-identification of clothing images // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2020. – P. 109–118. – DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.07973>.
2. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep residual learning for image recognition // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 770–778. – DOI: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>.
3. Hsiao W., Grauman K. Learning the Latent “Look”: Unsupervised Discovery of a Style-Coherent Embedding from Fashion Images // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2022. – P. 1234–1243. – DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1707.03376>.
4. Teslyuk V. M., Ivasiv S. S. System for recognizing clothing items and their colors in an image // Ukrainian Journal of Information Technology. – 2023. – Vol. 5, No. 2. – P. 25–32. – DOI: <https://doi.org/10.23939/ujit2023.02.025>.
5. Crudu A., MoldStud Research Team. AI in Fashion Industry: Personalized Styling Recommendations [Electronic resource]. – 2024. – Access mode: <https://moldstud.com/articles/p-ai-in-fashion-industry-personalized-styling-recommendations>.
6. OpenAI. GPT-4 technical report [Electronic resource]. – 2023. – Access mode: <https://openai.com/research/gpt-4>.
7. OpenAI. OpenAI API Documentation [Electronic resource]. – 2023. – Access mode: <https://platform.openai.com/docs/api-reference>.
8. OpenAI. Introducing our latest image generation model in the API [Electronic resource]. – 2025. – Access mode: <https://openai.com/index/image-generation-api/>.
9. Firebase. Cloud Firestore Documentation [Electronic resource]. – 2023. – Access mode: <https://firebase.google.com/docs/firestore>.
10. Open-Meteo. Open-Meteo API Documentation [Electronic resource]. – 2023. – Access mode: <https://open-meteo.com/en/docs>.