

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук і технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра програмних засобів

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ МЕТОДІВ РОЗПІЗНАВАННЯ ОДЯГУ
RESEARCH AND SOFTWARE IMPLEMENTATION OF
INTELLIGENT CLOTHING RECOGNITION METHODS

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи КНТ-214м
Спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Системи штучного інтелекту

ЩЕНКО В.І.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник СКРУПСЬКИЙ С.Ю.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент КОЦУР М.І.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет КНТ

Кафедра програмних засобів

Ступінь вищої освіти магістр

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Системи штучного інтелекту

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЗ, д.т.н, проф.

Сергій СУББОТІН

“ ” 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ЩЕНКА Вячеслава Ігоровича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження та програмна реалізація інтелектуальних методів розпізнавання одягу. Research and software implementation of intelligent clothing recognition methods

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доцент, СКРУПСЬКИЙ Степан Юрійович,

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “30” вересня 2025 року № 447

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 08 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) рекомендована література, технічне завдання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз предметної області. 2. Матеріали і методи. 3. Опис програми. 4. Експлуатація, тестування та експериментальне дослідження програми.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Слайди презентації

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4 Основна частина	СКРУПСЬКИЙ С.Ю., доцент		
Нормоконтроль	КАЛІНІНА М.В., асистент		

7. Дата видачі завдання “30” вересня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Постановка завдання роботи.	1 тиждень	Завдання, ТЗ
2	Аналіз предметної області.	1 тиждень	Розділ 1
3	Вибір мови програмування та інших технологій розробки.	2 тиждень	Розділ 2
4	Розробка структури програми.	3 тиждень	Розділ 3
5	Розробка програми.	4-7 тижні	Розділи 3,4
6	Тестування та експериментальне дослідження програмного забезпечення.	8 тиждень	Розділ 4
7	Оформлення пояснювальної записки та документів до неї.	9-10 тижні	Додатки
8	Нормоконтроль та рецензування.	11 тиждень	
9	Захист роботи.	12 тиждень	

Студент(ка)

(підпис) Вячеслав ЩЕНКО
(Імя ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

(підпис) Степан СКРУПСЬКИЙ
(Імя ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної кваліфікаційної роботи магістра:
88 с., 3 табл., 26 рис., 3 дод., 18 джерел.

KERAS, PYTHON, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ МЕТОДИ, МОВА
ПРОГРАМУВАННЯ, РОЗПІЗНАВАННЯ, ОДЯГ.

Об'єкт дослідження – процеси обчислень, пов'язані з розпізнаванням одягу за допомогою інтелектуальних методів.

Предмет дослідження – інтелектуальні методи розпізнавання одягу.

Мета роботи – дослідження та реалізація інтелектуальних методів розпізнавання одягу.

Матеріали, методи та технічні засоби: мова програмування Python, середовище розробки Sublime Text, фреймворк глибинного навчання Keras.

Результати. Розроблено програмне забезпечення для обчислень, пов'язаних з розпізнаванням одягу за допомогою інтелектуальних методів, використовуючи мову програмування Python та середовище розробки Sublime Text.

Практична цінність роботи полягає у розробці програмного забезпечення для обчислень, що пов'язані з розпізнаванням одягу за допомогою інтелектуальних методів.

Висновки. Виконано проектування програмного забезпечення для обчислень, що пов'язані з розпізнаванням одягу за допомогою інтелектуальних методів. Розроблено програмне забезпечення для обчислень, пов'язаних з розпізнаванням одягу за допомогою інтелектуальних методів. Здійснено тестування розробленого програмного забезпечення розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

Галузь використання – розпізнавання об'єктів.

ABSTRACT

Explanatory note to the diploma qualifying work of the master: 88 pages, 3 tables, 26 figures, 3 appendixes, 18 sources.

KERAS, PYTHON, INTELLIGENT METHODS, PROGRAMMING LANGUAGE, RECOGNITION, CLOTHING.

The object of research is the process of computations related to the clothing recognition using intelligent methods.

The subject of the research is intelligent methods for clothing recognition.

The purpose of this work is research and implementation of intelligent methods for clothing recognition.

Materials, methods and technical tools: Python programming language, Sublime Text development environment, Keras deep learning framework.

Results. The software tools for calculations related to clothing recognition using intelligent methods, using the Python programming language and the Sublime Text development environment have been developed.

The practical value of the work lies in the development of software for calculations related to clothing recognition using intelligent methods.

Conclusions. The software for calculations related to clothing recognition using intelligent methods has been designed. The software for calculations related to clothing recognition using intelligent methods has been developed. The developed software calculations related to clothing recognition using intelligent methods has been tested.

Scope of use – object recognition.

ЗМІСТ

	С.
Перелік скорочень та умовних позначок	8
Вступ.....	9
1 Аналіз предметної області.....	11
1.1 Інтелектуальні методи розпізнавання одягу	11
1.2 Аналіз програмних засобів для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних обчислень	19
1.3 Висновки за розділом 1	28
2 Матеріали і методи	30
2.1 Вибір мови програмування	30
2.2 Вибір середовища розробки для створення програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів	33
2.3 Розробка методу інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі.....	36
2.4 Висновки за розділом 2	41
3 Опис програми	43
3.1 Структура програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів	43
3.2 Функціонування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів	45
3.3 Опис набору даних для синтезу згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу.....	48
3.4 Синтез згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу	50
3.5 Висновки за розділом 3	54
4 Експлуатація, тестування та експериментальне дослідження програми.....	55
4.1 Призначення й умови застосування програми	55
4.2 Характеристики програми для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.....	57
4.3 Інструкція по експлуатації програми.....	58

4.3.1	Звернення до програми.....	58
4.3.2	Вхідні й вихідні дані.....	58
4.3.3	Повідомлення	58
4.4	Виконання програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів	59
4.5	Тестування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів	62
4.6	Висновки за розділом 4	63
	Висновки	64
	Перелік джерел посилань	67
	Додаток А Технічне завдання	69
	Додаток Б Фрагмент тексту програми	74
	Додаток В Слайди презентації	81

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАК

CNN – Convolutional Neural Network;

БД – база даних;

ІМ – інтелектуальний метод;

ПЗ – програмне забезпечення;

РО – розпізнавання одягу.

ВСТУП

Сучасна індустрія моди та рітейлу переживає трансформацію завдяки впровадженню інтелектуальних технологій обробки зображень і машинного навчання. Розпізнавання одягу за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення стало надзвичайно актуальним через зростання обсягів онлайн продажів, потребу у швидкому каталогуванні великої кількості товарів та персоналізації рекомендацій для споживачів [1]-[4].

Використання штучного інтелекту дозволяє автоматизувати процеси класифікації та пошуку одягу за фото, що значно скорочує витрати часу та ресурсів для компаній і підвищує зручність для користувачів. Крім того, такі технології відкривають можливості для розвитку віртуальних примірювальних, інноваційних сервісів стилізації та підбору гардеробу, що відповідають індивідуальним вподобанням [5], [6].

Актуальність таких програмних рішень підтверджується зростанням попиту на автоматизовані системи для мобільних застосунків, електронної комерції та засобів аналітики продажів товарів. Постійне вдосконалення алгоритмів комп'ютерного зору та глибинного навчання забезпечує високу точність розпізнавання різних типів одягу, кольорів і стилів навіть у складних умовах, що робить інтелектуальні системи розпізнавання одягу важливою частиною сучасних цифрових сервісів [2], [3].

Проте відомі інтелектуальні методи та програмне забезпечення для розпізнавання одягу мають і низку недоліків. Однією з основних проблем залишається обмежена точність при роботі зі складними зображеннями, де одяг може перекриватися іншими предметами або бути спотвореним через складки й тіні. Також виникають труднощі під час розпізнавання рідкісних або нестандартних моделей одягу, для яких бракує достатньо навчальних даних. Високі вимоги до обчислювальних ресурсів і потреба у великих обсягах якісно розмічених зображень часто обмежують доступність таких систем для малих компаній. Ще однією проблемою є залежність результатів від якості фото,

освітлення й ракурсу, що знижує стабільність роботи програмного забезпечення в реальних умовах. Крім технічних аспектів, важливим викликом лишається питання захисту конфіденційності користувачів, оскільки обробка зображень одягу часто передбачає використання персональних фото.

Тому актуальним є дослідження інтелектуальних методів розпізнавання одягу. У дипломній кваліфікаційній роботі магістра розв'язується актуальне завдання дослідження та реалізації інтелектуальних методів розпізнавання одягу.

Для досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі магістра необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати аналіз інтелектуальних методів та програмних засобів для розпізнавання одягу;
- розробити метод інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі;
- здійснити проектування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів;
- створити програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів;
- виконати тестування розробленого програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Інтелектуальні методи розпізнавання одягу

Інтелектуальні методи розпізнавання одягу базуються на застосуванні сучасних алгоритмів штучного інтелекту, які здатні аналізувати зображення з високою точністю. Використання глибинного навчання, зокрема нейронних мереж, дозволяє автоматично виділяти характерні ознаки текстильних виробів, такі як текстура, колір, форма та стиль. Обробка зображень відбувається за допомогою спеціалізованих моделей, які навчаються на великій кількості прикладів, що сприяє підвищенню ефективності класифікації та ідентифікації різних типів одягу. При цьому застосовуються алгоритми, що враховують варіативність освітлення, ракурсів та положення об'єкта, що забезпечує стійкість системи до змін у зовнішньому середовищі. Окрім цього, інтеграція методів комп'ютерного зору з аналітикою даних дозволяє не лише розпізнавати окремі елементи гардеробу, але й формувати рекомендації на основі вподобань користувача або актуальних модних трендів. Такий підхід значно розширює можливості застосування технологій у сфері електронної комерції, візуального пошуку та персоналізованих покупок [1]-[3].

Розпізнавання одягу за допомогою інтелектуальних методів ґрунтується на застосуванні спеціалізованих програмних рішень, які опрацьовують візуальні дані за допомогою штучного інтелекту. Суть полягає у здатності таких систем ідентифікувати та класифікувати різні предмети гардеробу на зображеннях, використовуючи складні алгоритми аналізу. Технології комп'ютерного зору, що лежать в основі цих рішень, дозволяють програмам вилучати важливу інформацію з фото чи відео, оцінюючи форму, текстуру, колір і стиль елементів одягу. Завдяки навчанню на великій кількості даних системи з часом удосконалюють свою точність і здатність розрізняти навіть схожі за зовнішністю вироби [1]-[3].

Одним із ключових напрямків застосування таких технологій є візуальний пошук, коли за допомогою завантаженого зображення відбувається

ідентифікація предметів гардеробу та їх порівняння з базою даних, що містить інформацію про різні моделі. Алгоритми враховують такі характеристики, як тип одягу, його призначення, стиль, розмір і колір, забезпечуючи максимально релевантні результати пошуку. Подібні системи використовують принципи машинного навчання, що дозволяє їм покращувати свої здібності в процесі експлуатації, підвищуючи точність і швидкість розпізнавання [2], [3].

Використання програмного забезпечення на базі інтелектуальних методів у сфері моди значно розширює можливості персоналізації вибору одягу, автоматизації процесу підбору речей і оптимізації електронної комерції. Водночас, такі технології допомагають створювати інноваційні сервіси, що орієнтуються на індивідуальні смаки користувачів, роблячи взаємодію з модою більш інтерактивною та зручною [3], [4].

Технології розпізнавання одягу відіграють важливу роль у вдосконаленні візуального пошуку в сфері модної індустрії. Спеціалізовані алгоритми штучного інтелекту створені для того, щоб точно ідентифікувати саме предмети одягу, уникаючи плутанини з іншими об'єктами, що не мають відношення до цієї категорії. Завдяки такому підходу підвищується релевантність отриманих результатів [1]-[3].

Інтернет магазини, що впроваджують розширені функції візуального пошуку, здатні аналізувати завантажені зображення одягу та порівнювати їх із власними базами даних. Це дозволяє надавати користувачам відповідного програмного забезпечення прямі посилання на ідентичні або близькі за характеристиками товари. Одночасно з цим на зображеннях може відображатися інформація про конкретні продукти, що робить процес вибору та покупки значно зручнішим і більш інтерактивним [2]-[4].

Другим важливим аспектом застосування технологій розпізнавання є формування системи інтелектуальних рекомендацій. Вона базується на даних, зібраних у ході візуального пошуку, та генерує персоналізовані пропозиції, адаптовані під індивідуальні смаки покупців. Завдяки глибокому аналізу великої кількості мультимедійної інформації така система допомагає

знаходити користувачам не лише подібні товари, але й варіанти, що враховують особливості їхніх уподобань [2]-[4].

У межах такої програмної системи можна виділити два типи рекомендацій. Перший тип пропонує товари, які мають спільні риси з тими, що вже були знайдені або переглянуті, базуючись на агрегованих даних із різних пошуків. Вебплатформи часто використовують цей підхід, демонструючи заміники або схожі предмети гардеробу, що підвищує ефективність та комфорт онлайн покупок. Другий тип рекомендацій відрізняється більш високою персоналізацією, оскільки він враховує індивідуальні характеристики користувача. Наприклад, система зберігає інформацію про придбані раніше розміри, улюблені кольори та стилі, що дозволяє пропонувати більш точні і відповідні варіанти під час подальших відвідувань. Такий підхід забезпечує адаптивність і постійне покращення якості рекомендацій завдяки навчанню моделей на основі поведінкових даних користувачів [2]-[4].

Процес ідентифікації одягу базується на розробці та налаштуванні спеціальної моделі, яка здатна виявляти конкретні об'єкти в різних середовищах, таких як соціальні мережі або платформи для демонстрації одягу. Формування такої моделі передбачає інтеграцію алгоритмів розпізнавання об'єктів у системи, які опрацьовують великі обсяги візуальних даних. Спочатку здійснюється побудова моделі із застосуванням інструментів на кшталт TensorFlow API для детекції об'єктів. Далі відбувається її зв'язування з актуальними базами даних або наборами даних, що регулярно оновлюються. Навчання моделі проходить за допомогою методик машинного навчання, а завершальним етапом стає тестування й оцінка її ефективності у виявленні потрібних елементів [3]-[5].

У сфері машинного навчання існують повністю автоматизовані конвеєри операцій, які охоплюють весь цикл – від тренування моделей до їхнього розгортання, що суттєво спрощує та пришвидшує впровадження технологій розпізнавання [4], [5].

Ключовою складовою системи візуального розпізнавання є автоматичне маркування товарів, що полягає у присвоєнні зображенням товарів відповідних характеристик на основі виявлених візуальних ознак. Це дозволяє ефективно каталогізувати продукти і надавати клієнтам швидкий доступ до схожих або ідентичних позицій, які вони шукають [4], [5].

Застосування автоматизованих програмних рішень у категоризації суттєво знижує потребу в ручній обробці, мінімізуючи людський фактор і ймовірність помилок. Завдяки цьому покращується якість управління каталогом і контролюється стан запасів, що зменшує ризики як надлишків, так і дефіциту товарів. Такий підхід не лише підвищує точність обробки інформації, але й забезпечує економічну вигоду, оптимізуючи процеси в електронній торгівлі [4], [5].

Для розпізнавання одягу використовуються методи та моделі штучного інтелекту, що дозволяють виконувати ідентифікацію певних об'єктів на візуальних матеріалах і визначення категорії, до якої вони належать. Візуальне сприйняття людиною об'єктів і сцен відбувається автоматично: очі розпізнають різні екземпляри, зіставляючи їх з певними поняттями. Для комп'ютерів завдання такого розпізнавання набагато складніше і вимагає значних обчислювальних ресурсів, а також складних алгоритмів. Розробка систем розпізнавання в галузі комп'ютерного зору є тривалим напрямком досліджень, метою яких є класифікація виявлених об'єктів за відповідними категоріями. Цей напрямок часто пов'язують із глибоким навчанням, яке надає змогу розпізнавати об'єкти на зображеннях за допомогою багатосарових нейронних мереж [4], [5].

Прогрес у машинному навчанні, зокрема у сфері глибинного навчання, відкрив нові можливості для задач, пов'язаних з комп'ютерним зором і аналізом зображень, зокрема, з розпізнаванням одягу. Технології глибокого навчання демонструють високу продуктивність і гнучкість, забезпечуючи якісну класифікацію та розпізнавання в режимі реального часу. Найсучасніші

алгоритми та моделі штучного інтелекту в цій галузі досягають показників, що часто перевищують людські можливості [4], [5].

Традиційні методи комп'ютерного зору базуються на послідовному застосуванні операцій, таких як фільтрація, сегментація, вилучення ознак і класифікація за визначеними правилами. Проте розробка подібних систем вимагає глибоких знань і значних зусиль для налаштування параметрів, а також обмежена в масштабуванні та універсальності [4], [5].

На відміну від цього, підходи, що ґрунтуються на машинному та глибокому навчанні, використовують алгоритми, здатні автоматично вивчати приховані закономірності в даних. Завдяки багаторазовому аналізу прикладів, які містять позначені зображення, моделі набувають здатності розпізнавати об'єкти з високою точністю. Використання потужного обладнання, зокрема графічних процесорів, дозволяє значно підвищити швидкість і якість роботи таких систем [4], [5].

Одним із викликів залишається оптимізація співвідношення між продуктивністю і витратами на обчислювальні ресурси. Ефективність і швидкість роботи алгоритмів безпосередньо залежать від узгодженості апаратного та програмного забезпечення, що робить вибір і впровадження новітніх методів критично важливим для зниження загальних витрат і покращення результатів [3], [4].

Для створення програмних систем розпізнавання зображень застосовується процес, який починається зі збору великого набору навчальних даних, що містять позначені зображення. Ці дані допомагають нейронним мережам формувати внутрішні уявлення про різні класи об'єктів. Потім відбувається тренування моделі, під час якого алгоритм навчається ідентифікувати важливі ознаки та відмінності між категоріями. Після навчання проводиться тестування на нових зображеннях, які не використовувалися раніше, для оцінки точності та стабільності роботи системи. Оцінка базується на параметрах, що характеризують якість розпізнавання, зокрема рівень правильних і помилкових ідентифікацій [5], [6].

Одним із класичних підходів є використання методів, які базуються на побудові гістограм для аналізу зображень, що містять потрібні об'єкти, та порівнянні їх із тестовими прикладами. Також існують моделі, що працюють з виявленням та зіставленням унікальних візуальних ознак між зразками й досліджуваними зображеннями, що допомагає знайти відповідності. Відомий алгоритм, що використовувався для розпізнавання облич, перед появою глибоких нейронних мереж, здійснює послідовне сканування зображень і застосування посиленних класифікаторів для підтвердження наявності шуканого об'єкта [5], [6].

Сучасні підходи до розпізнавання зображень здебільшого спираються на згорткові нейронні мережі, які забезпечують глибоке навчання. Ці мережі значно перевершують традиційні методи завдяки здатності виявляти складні структури в зображеннях та одночасно розпізнавати кілька екземплярів об'єктів, навіть при деформаціях чи змінах форми. У ряді випадків вони демонструють точність, що перевищує людські можливості у класифікації тонких відмінностей між категоріями [6], [7].

Різні архітектури згорткових мереж, такі як YOLO, SSD чи RCNN, працюють на основі багат шарового аналізу, де кожен шар відповідає за виявлення певних рис, починаючи від кольорів і закінчуючи формами. Результат їхньої роботи формується шляхом поєднання інформації зі всіх рівнів для остаточного визначення об'єктів на зображенні [6], [7].

Щодо моделей глибокого навчання, існують алгоритми, що відрізняються підходами до обробки зображень. Наприклад, одна із моделей використовує мережі пропозицій регіонів для точного виявлення особливостей і їх класифікації, забезпечуючи високу швидкість роботи порівняно з попередниками. Інший підхід передбачає розбиття зображення на сітку з різними пропорціями рамок, що дозволяє більш гнучко обробляти об'єкти різних розмірів. Ще один метод фокусується на одноразовому проходженні через зображення, що забезпечує швидку обробку, хоч і з певною втратою точності у порівнянні з більш складними системами [6], [7].

Оптимізовані версії цих моделей можуть обробляти відеопотоки з високою частотою кадрів, що робить їх придатними для застосувань у реальному часі, наприклад, у системах відеоспостереження або мобільних пристроях. Такий прогрес у сфері штучного інтелекту значно розширює можливості комп'ютерного зору і підвищує ефективність розпізнавання об'єктів на зображеннях [6], [7].

Застосування моделей штучного інтелекту для розпізнавання зображень часто реалізується з використанням мови програмування, що підтримує велику кількість бібліотек, які полегшують роботу зі штучним інтелектом, зокрема у сфері виявлення та класифікації зображень. Якщо відсутня потужна апаратна підтримка, наприклад відеокарта, можна звернутися до хмарних сервісів, які пропонують доступ до графічних процесорів через Інтернет. Існують спеціальні набори даних, доступні онлайн, що містять вже підготовлені й промарковані зображення, які використовуються для тренування моделей. Після завантаження таких ресурсів робота з кодом ведеться в середовищах, що підтримують інтерактивне виконання, що надає змогу виконувати обчислення на хмарних серверах [6], [7].

Існує також можливість створення власних моделей, орієнтованих на специфічні завдання розпізнавання зображень, що відрізняються від загальнодоступних. У разі, коли стандартні моделі не відповідають особливостям набору даних або не забезпечують достатньої точності, розробка індивідуального рішення дозволяє краще вивчити унікальні характеристики даних і покращити результати. Цей процес передбачає збір якісних анотованих зображень та глибоке розуміння принципів машинного навчання і комп'ютерного зору [6], [7].

Для реалізації розпізнавання зображень часто застосовуються API – готові інтерфейси, які дозволяють швидко інтегрувати функціонал у програмні продукти. Хмарні сервіси забезпечують зручний спосіб аналізу зображень і отримання інформації про об'єкти, текст чи обличчя без необхідності

розробляти власні моделі. Такі рішення підходять для прототипів і задач невеликого масштабу, особливо коли вимоги до обробки в режимі реального часу не критичні, а також коли не виникають суттєві питання конфіденційності та безпеки [6], [7].

Для завдань із високими вимогами до швидкості та приватності актуальним є використання технологій, які виконують обчислення безпосередньо на пристроях, що збирають дані. Такий підхід усуває затримки, пов'язані з передачею інформації до хмари, підвищує стабільність систем і дозволяє працювати навіть при нестабільному інтернет-з'єднанні. Використання машинного навчання на периферії особливо корисне для аналізу відеопотоків у реальному часі та створення надійних виробничих рішень [6], [7].

Таким чином, вибір між хмарними API та локальними рішеннями залежить від конкретних потреб проекту, його масштабів і технічних обмежень. Інтеграція сучасних інструментів штучного інтелекту дає можливість ефективно впроваджувати розпізнавання зображень у різноманітні застосунки, оптимізуючи роботу з візуальними даними [6], [7].

Визначено, що інтелектуальні методи розпізнавання одягу базуються на застосуванні сучасних алгоритмів штучного інтелекту, які здатні аналізувати зображення з високою точністю. Використання глибинного навчання, зокрема нейронних мереж, дозволяє автоматично виділяти характерні ознаки текстильних виробів, такі як текстура, колір, форма та стиль. Обробка зображень відбувається за допомогою спеціалізованих моделей, які навчаються на великій кількості прикладів, що сприяє підвищенню ефективності класифікації та ідентифікації різних типів одягу. При цьому застосовуються алгоритми, що враховують варіативність освітлення, ракурсів та положення об'єкта, що забезпечує стійкість системи до змін у зовнішньому середовищі.

1.2 Аналіз програмних засобів для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних обчислень

Проаналізуємо програмне забезпечення, яке може використовуватися для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних обчислень [8]-[10].

Програмне забезпечення Folio3 (рис. 1.1) розроблене для розпізнавання одягу, функціонує на основі інтелектуальних обчислень, що дозволяє автоматизувати процес ідентифікації елементів гардероба на зображеннях. Його основне призначення полягає в аналізі візуального контенту з метою точного визначення типів, стилів та інших характеристик предметів одягу. Такий підхід використовується переважно в електронній комерції, роздрібній торгівлі, модних аналітичних системах та інших сферах, де важливо швидко й безпомилково класифікувати одяг [8].

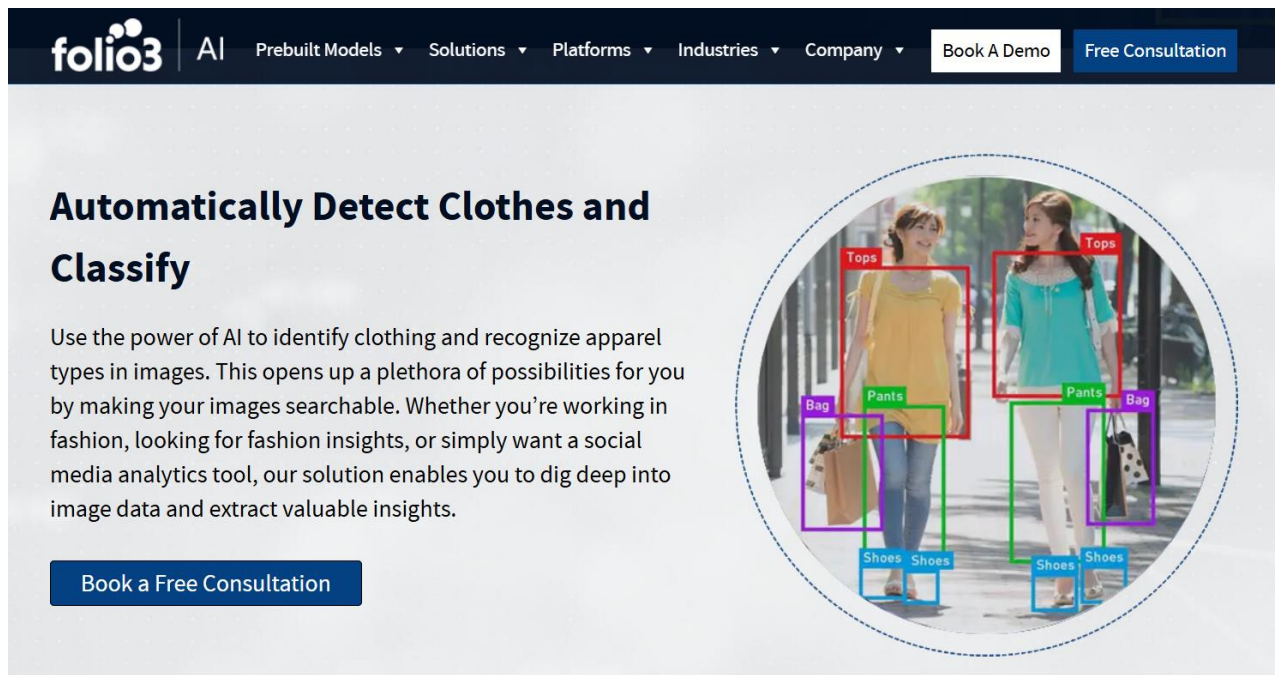


Рисунок 1.1 – Програмне забезпечення Folio3 [8]

У роботі програмного забезпечення Folio3 застосовуються глибокі нейронні мережі, здатні обробляти зображення і виокремлювати релевантні особливості, що характеризують той чи інший об'єкт. У центрі архітектури

системи лежать алгоритми комп'ютерного зору, які дозволяють не лише виявляти об'єкти на фоні, але й детально розпізнавати їхні параметри – форму, колір, фактуру, категорію. У процесі аналізу забезпечується високий рівень точності навіть у складних умовах, наприклад, при частковому перекритті, різному освітленні або неоднозначному ракурсі [8].

Програмна реалізація Folio3 побудована з урахуванням вимог до масштабованості та інтеграційної гнучкості. Забезпечено можливість використання як у вигляді окремого модуля, так і вбудовування у більші платформи через API. Структура рішень адаптована до хмарної інфраструктури, що дозволяє обробляти великі обсяги зображень у реальному часі без втрати продуктивності. Для підвищення точності результатів у Folio3 застосовується постобробка даних з корекцією на основі раніше навченої моделі [8].

Завдяки такому підходу, програмне забезпечення Folio3 надає ефективний інструмент для автоматизованого розпізнавання одягу, що дозволяє оптимізувати бізнес-процеси, покращити користувацький досвід та підвищити якість цифрового контенту в галузі моди [8].

Основними характеристиками програмного забезпечення Folio3 є такі [8]:

- інтеграція з ERP-системами: програмне забезпечення Folio3 дозволяє безперешкодно поєднувати рішення з популярними ERP-платформами, такими як NetSuite, Microsoft Dynamics, SAP тощо [8];

- автоматизація бізнес-процесів: програмне забезпечення Folio3 оптимізує операційні процеси, зменшуючи ручну працю та підвищуючи ефективність [8];

- мобільна розробка на замовлення: програмне забезпечення Folio3 забезпечує створення мобільних додатків відповідно до індивідуальних потреб бізнесу [8];

- аналітика та звітність: Folio3 надає потужні інструменти для аналізу даних та формування аналітичних звітів у режимі реального часу [8];

- підтримка eCommerce-рішень: Folio3 розробляє і підтримує вебмагазини, інтегруючи їх з ERP, CRM та іншими платформами [8];
- розширення функціоналу ERP: програмне забезпечення Folio3 надає додаткові модулі та плагіни для розширення стандартних можливостей ERP-систем [8];
- налаштування програмного забезпечення: адаптує функціонал ПЗ під специфічні потреби компанії-клієнта [8];
- розробка корпоративних порталів: програмне забезпечення Folio3 реалізує інтерфейси для внутрішньої комунікації, управління проектами та ресурсами [8];
- підтримка IoT-рішень: програмне забезпечення Folio3 надає рішення, що дозволяють об'єднати IoT-пристрої з існуючими бізнес-системами [8];
- відповідність стандартам безпеки: дотримується міжнародних вимог до захисту даних та конфіденційності [8].

Серед недоліків програмного забезпечення Folio3 можна відзначити обмежену гнучкість у деяких модулях, що може ускладнити адаптацію до нестандартних бізнес-процесів. Крім того, вартість розробки індивідуальних модулів або інтеграцій може бути доволі високою, особливо для малого бізнесу. Іноді також спостерігається затримка з технічною підтримкою або потреба в довшому періоді налаштування продукту під специфічні вимоги клієнта [8].

Програмне забезпечення Cloth Recognizer (рис. 1.2) розроблено для автоматичного виявлення та класифікації елементів одягу на зображеннях за допомогою інтелектуальних алгоритмів. Його основне призначення полягає у забезпеченні точного розпізнавання типів одягу, що дає змогу застосовувати його у сферах, пов'язаних з модою, електронною комерцією, цифровою каталогізацією або програмних у системах віртуальної примірки. Робота інструменту базується на використанні методів глибинного навчання, які дають змогу аналізувати візуальні дані, виявляючи характерні ознаки текстилю, крою та форми [9].

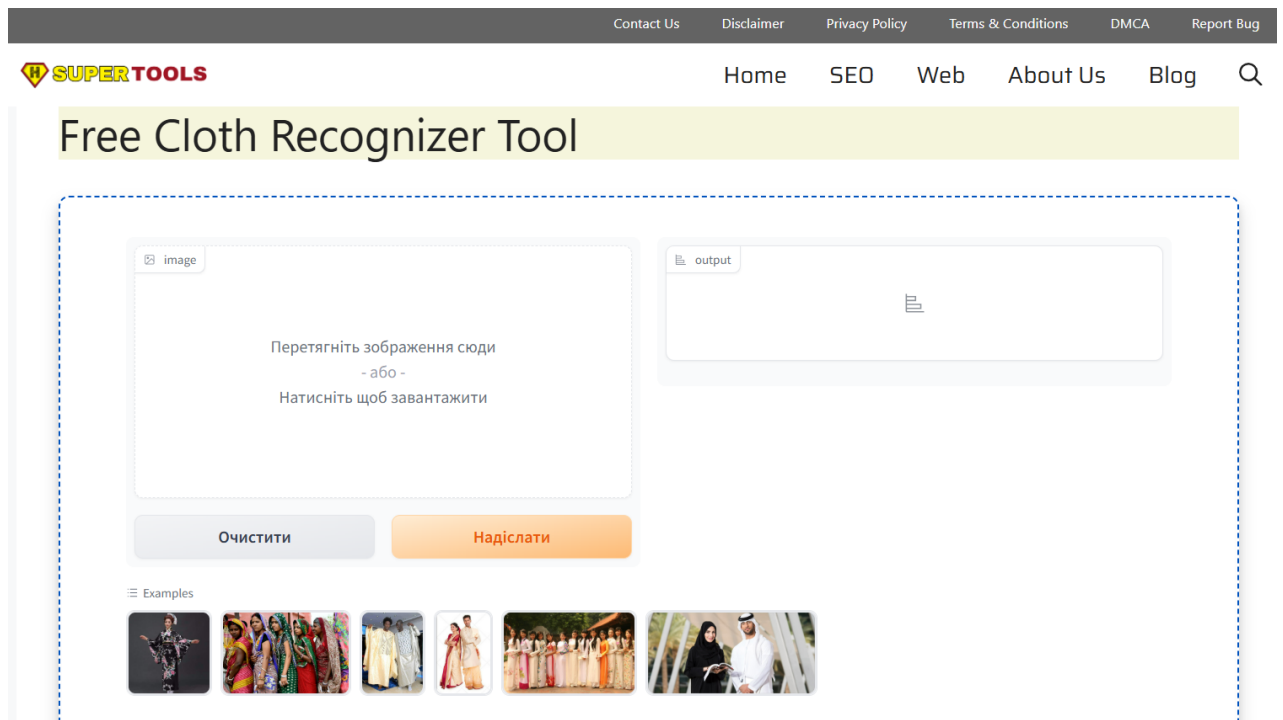


Рисунок 1.2 – Програмне забезпечення Cloth Recognizer [9]

У реалізації програмного забезпечення Cloth Recognizer враховано можливість інтеграції моделі з вебзастосунками, що спрощує її використання у практичних сценаріях. Візуальний інтерфейс забезпечує зручне завантаження зображень для обробки та демонстрацію результатів розпізнавання у вигляді підписів до виявлених об'єктів. Алгоритми, що лежать в основі програмного забезпечення, оптимізовані для роботи зі зображеннями різної якості, що дозволяє досягти прийнятної точності навіть у випадках зі складним фоном або неповним оглядом предметів одягу [9].

Особливістю програмного забезпечення Cloth Recognizer є орієнтація на спрощення процесу ідентифікації одягу без потреби в попередньому навчанні користувача або конфігурації системи. Завдяки машинному навчанню модель здатна відрізнити між різними категоріями одягу, наприклад, сорочками, куртками, сукнями, та інтерпретувати їх у контексті загальної композиції зображення. Такий підхід дозволяє програмному забезпеченню Cloth Recognizer автоматизувати аналіз візуального контенту у великих обсягах, що актуально для онлайн магазинів і платформ, які працюють з модним контентом [9].

Програмне забезпечення Cloth Recognizer має такі особливості [9]:

- розпізнавання одягу: здатність ідентифікувати типи одягу (футболка, штани, сукня тощо) на зображеннях за допомогою моделей комп'ютерного зору [9];

- класифікація стилів: програмне забезпечення Cloth Recognizer дозволяє виконувати автоматичне визначення стилю одягу (спортивний, діловий, повсякденний) на основі візуальних ознак [9];

- підтримка багатьох форматів зображень: програмне забезпечення Cloth Recognizer підтримує сумісність із JPEG, PNG, BMP та іншими популярними графічними форматами [9];

- інтеграція з e-commerce платформами: програмне забезпечення Cloth Recognizer надає можливість вбудовування у вебсайти для автоматичного тегування та категоризації товарів [9];

- навчання на основі глибокого навчання: використання convolutional neural networks (CNN) для досягнення високої точності класифікації [9];

- підтримка багатьох мов: інтерфейс програмного забезпечення Cloth Recognizer локалізований для різних регіонів, що спрощує використання в глобальному масштабі [9];

- модуль аналізу кольорів: програмне забезпечення Cloth Recognizer підтримує розпізнавання основних кольорів одягу для точнішої категоризації товарів [9];

- адаптивність до нових трендів: програмне забезпечення Cloth Recognizer надає можливість перенавчання моделей на нових наборах даних для врахування сучасних модних тенденцій [9];

- API для розробників: програмне забезпечення Cloth Recognizer надає набір REST API для інтеграції функціональності розпізнавання у сторонні додатки та сервіси [9];

- оптимізація для мобільних пристроїв: легка версія алгоритмів доступна для впровадження у мобільні застосунки без втрати точності [9].

Серед недоліків програмного забезпечення Cloth Recognizer можна відзначити обмежену точність розпізнавання в умовах поганого освітлення або при перекритті елементів одягу, що може призводити до хибних результатів; високу вимогливість до обчислювальних ресурсів під час обробки зображень у реальному часі, що ускладнює використання на пристроях з обмеженою потужністю; обмежену підтримку нестандартних або локальних категорій одягу, що знижує ефективність у культурно специфічних контекстах; а також можливі труднощі з інтеграцією в існуючі бізнес-системи без додаткової адаптації програмного коду [9].

Програмне забезпечення a4a Fashion (рис. 1.3) призначено для розпізнавання одягу на зображеннях. Його основна мета полягає в автоматичній ідентифікації елементів гардеробу, стилів, кольорів і типів одягу, що дозволяє інтегрувати його у мобільні застосунки, вебплатформи або інші цифрові сервіси в індустрії моди. Це забезпечує можливість аналізу візуального контенту, підвищення персоналізації користувацького досвіду або автоматизації процесів у торгівлі [10].



Fashion

Solution for recognizing clothes and accessories in images

Рисунок 1.3 – Програмне забезпечення a4a Fashion [10]

Програмне забезпечення a4a Fashion побудовано на застосуванні глибоких нейронних мереж, здатних аналізувати вхідне зображення, виокремлювати на ньому силуети одягу та класифікувати їх за категоріями. Модель працює у форматі REST API, що полегшує її впровадження в різні платформи без необхідності самостійної розробки моделей машинного навчання. Дані передаються у форматі зображень, на які ПЗ відповідає структурованою інформацією про розпізнані предмети одягу та їхні характеристики. Програмна реалізація передбачає асинхронну обробку запитів, масштабованість, підтримку декількох мов та високу сумісність із сучасними середовищами розробки [10].

Особливістю даного рішення є здатність адаптуватися до різних візуальних середовищ: як у випадках зображень із контрольованим фоном, так і в умовах реального використання, коли об'єкти частково перекриті або сфотографовані під незвичними кутами. Завдяки цьому, програмне забезпечення a4a Fashion можна застосовувати не лише в електронній комерції, а й у цифрових примірочних, системах рекомендацій або модних аналітичних інструментах [10].

Програмне забезпечення a4a Fashion має такі особливості [10]:

- автоматичне розпізнавання одягу: програмне забезпечення a4a Fashion ідентифікує тип, колір та стиль одягу з фотографій користувачів за допомогою штучного інтелекту [10];

- індивідуальні рекомендації: програмне забезпечення a4a Fashion пропонує персоналізовані образи на основі попередніх вподобань та стилю користувача [10];

- інтеграція з e-commerce платформами: програмне забезпечення a4a Fashion дозволяє переглядати та купувати подібні товари безпосередньо через інтерфейс додатку [10];

- віртуальна примірочна: користувачі програмного забезпечення a4a Fashion можуть візуалізувати, як виглядатиме одяг на них, використовуючи аватари або доповнену реальність [10];

– аналіз трендів моди: програмне забезпечення a4a Fashion відстежує популярні стилі та бренди, пропонуючи користувачу найактуальніші рішення у галузі одягу [10];

– розпізнавання брендів: програмне забезпечення a4a Fashion здатне визначати логотипи та фірмові елементи одягу, що допомагає в пошуку аналогічних товарів [10];

– мобільна доступність: програмне забезпечення a4a Fashion доступне для операційних систем Android та iOS, що дозволяє використовувати його в будь-який момент [10];

– інтерфейс користувача: програмне забезпечення a4a Fashion має інтуїтивно зрозумілий та сучасний дизайн, що сприяє зручній навігації та використанню [10];

– конфіденційність даних: програмне забезпечення a4a Fashion підтримує збереження персональної інформації відповідно до сучасних стандартів безпеки [10];

– функція порівняння образів: програмне забезпечення a4a Fashion дозволяє порівнювати різні стилі та варіанти одягу для вибору найкращого набору одягу для користувача [10].

Серед недоліків програмного забезпечення a4a Fashion можна відзначити обмежену гнучкість налаштувань під специфічні бізнес-процеси, що ускладнює адаптацію для нетипових моделей управління. Крім того, інтерфейс системи може здатися застарілим або незручним для користувачів, які звикли до більш сучасних рішень. Також варто врахувати, що повна реалізація функціоналу програмного забезпечення a4a Fashion вимагає значних витрат часу на навчання персоналу та налаштування, особливо в компаніях, де раніше не використовували спеціалізовані системи управління модним бізнесом [10].

Порівняльну характеристику програмних засобів для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних обчислень наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Критерій порівняння	Folio3 [8]	Cloth Recognizer [9]	a4a Fashion [10]
Якість розпізнавання одягу	+	+–	+
Можливість масштабування	+	+–	+–
Візуалізація результатів	+	+	+–
Простота використання	+–	+	+–
Гнучкість налаштування	+–	+–	+
Безкоштовність	–	+	–

За результатами проведеного аналізу можна зробити висновок, що у наш час існує досить багато програмних засобів для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів. Проте відомі інтелектуальні методи та програмне забезпечення для розпізнавання одягу мають і низку недоліків. Однією з основних проблем залишається обмежена точність при роботі зі складними зображеннями, де одяг може перекриватися іншими предметами або бути спотвореним через складки й тіні. Також виникають труднощі під час розпізнавання рідкісних або нестандартних моделей одягу, для яких бракує достатньо навчальних даних. Високі вимоги до обчислювальних ресурсів і потреба у великих обсягах якісно розмічених зображень часто обмежують доступність таких систем для малих компаній. Ще однією проблемою є залежність результатів від якості фото, освітлення й ракурсу, що знижує стабільність роботи програмного забезпечення в реальних умовах. Крім технічних аспектів, важливим викликом лишається питання захисту конфіденційності користувачів, оскільки обробка зображень одягу часто передбачає використання персональних фото. Тому актуальною є розробка програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

При розробці програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів необхідно забезпечити такі функціональні вимоги:

- забезпечення можливості імпорту зображень одягу для подальшої обробки;
- підтримка функції завантаження готових наборів даних, зокрема таких як Fashion MNIST, для використання у навчанні нейронної мережі;
- реалізація засобів для перетворення графічних файлів у числові масиви даних, придатних для подальших обчислень;
- надання можливості попередньої обробки вхідних даних, включаючи нормалізацію та зміну розмірності;
- підтримка створення нейромережових розпізнавальних моделей на основі завантажених або оброблених даних;
- забезпечення збереження проміжних та остаточних результатів навчання для подальшого використання;
- реалізація інструментів для прогнозування класу одягу на нових зображеннях.

1.3 Висновки за розділом 1

Визначено, що інтелектуальні методи розпізнавання одягу базуються на застосуванні сучасних алгоритмів штучного інтелекту, які здатні аналізувати зображення з високою точністю. Використання глибинного навчання, зокрема нейронних мереж, дозволяє автоматично виділяти характерні ознаки текстильних виробів, такі як текстура, колір, форма та стиль. Обробка зображень відбувається за допомогою спеціалізованих моделей, які навчаються на великій кількості прикладів, що сприяє підвищенню ефективності класифікації та ідентифікації різних типів одягу. При цьому застосовуються алгоритми, що враховують варіативність

освітлення, ракурсів та положення об'єкта, що забезпечує стійкість системи до змін у зовнішньому середовищі.

За результатами проведеного аналізу зроблено висновок, що відомі інтелектуальні методи та програмне забезпечення для розпізнавання одягу мають і низку недоліків. Однією з основних проблем залишається обмежена точність при роботі зі складними зображеннями, де одяг може перекриватися іншими предметами або бути спотвореним через складки й тіні. Також виникають труднощі під час розпізнавання рідкісних або нестандартних моделей одягу, для яких бракує достатньо навчальних даних. Високі вимоги до обчислювальних ресурсів і потреба у великих обсягах якісно розмічених зображень часто обмежують доступність таких систем для малих компаній. Ще однією проблемою є залежність результатів від якості фото, освітлення й ракурсу, що знижує стабільність роботи програмного забезпечення в реальних умовах. Крім технічних аспектів, важливим викликом лишається питання захисту конфіденційності користувачів, оскільки обробка зображень одягу часто передбачає використання персональних фото. Тому актуальним є дослідження та реалізація інтелектуальних методів розпізнавання одягу.

Сформульовано функціональні вимоги до програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

2 МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

2.1 Вибір мови програмування

При розробці програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів було використано мову програмування Python [11]-[13].

Мова програмування Python – вирізняється здатністю охоплювати різноманітні сфери застосування, починаючи від автоматизації рутинних завдань і закінчуючи розробкою високотехнологічних рішень у галузі штучного інтелекту та науки про дані [11], [12].

Чітка структура мови Python та доступний синтаксис полегшують опанування основ і відкривають шлях до глибшого занурення як для новачків, так і для досвідчених фахівців. Не менш важливою особливістю залишається багатий набір сторонніх бібліотек і інструментів, завдяки яким значна частина рутинної роботи виконується без потреби писати громіздкий код з нуля. Така особливість дозволяє зосередитися на реалізації ключових алгоритмів та прискорює впровадження нових рішень. Гнучкість мови полягає ще й у підтримці різних підходів до програмування, що надає свободу у виборі найбільш зручної логіки побудови проєктів [12].

Стійкий розвиток екосистеми та швидка поява нових рішень і технологічних оновлень допомагають Python залишатися актуальним інструментом у світі програмування, який здатний швидко адаптуватися до вимог сучасного ринку. Завдяки тому, що розроблені проєкти легко переносити між різними платформами, Python забезпечує гнучкість у роботі незалежно від середовища використання. Крім того, ця мова демонструє високий рівень придатності як для коротких сценаріїв, так і для створення складних архітектурних рішень, що потребують стійкості й масштабованості. Поєднання цих рис робить Python потужним інструментом, на який покладаються розробники у багатьох країнах, обираючи його для реалізації найрізноманітніших задумів [12], [13].

Для реалізації програмного продукту, що займається виконанням обчислень у сфері розпізнавання елементів одягу, Python часто розглядається як найбільш виправданий варіант завдяки поєднанню кількох ключових особливостей. Насамперед, розвинена екосистема спеціалізованих бібліотек надає широкі можливості для роботи з технологіями комп'ютерного зору та навчання моделей різної складності [11]-[13].

Наявність готових рішень у таких середовищах, як PyTorch, TensorFlow чи OpenCV, дозволяє швидко створювати прототипи та експериментувати з алгоритмами без витрати зайвого часу на написання фундаментального функціоналу [13].

Лаконічність синтаксису й зрозуміла структура коду відкривають шлях до швидкої реалізації задумів та полегшують підтримку і подальший розвиток програмного рішення. Спільнота користувачів та розробників, що невпинно зростає, забезпечує постійну доступність допоміжних матеріалів, прикладів і готових фрагментів, які можна адаптувати під конкретні потреби [11]-[13].

Python вирізняється і тим, що його компоненти легко взаємодіють з іншими мовами програмування, а модулі можна безперешкодно інтегрувати в ширші архітектурні схеми або оптимізувати важливі частини коду за рахунок сторонніх технологій. Також варто зазначити, що велика та активна спільнота розробників підтримує розширення можливостей Python, швидко реагуючи на появу нових технологій і надаючи допомогу у вирішенні різних технічних питань. Така комбінація характеристик сприяє досягненню необхідного балансу між зручністю створення складних обчислювальних механізмів і можливістю швидко виводити розроблені продукти на практичний рівень. Усе це робить Python одним із найпрактичніших інструментів для розробки рішень, пов'язаних із виявленням та класифікацією одягу на зображеннях.

Обґрунтування вибору мови програмування для реалізації програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Обґрунтування вибору мови програмування для реалізації програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Критерій порівняння мов програмування	Мова програмування		
	Python	C++	Java
Швидкість розробки	+	+–	+–
Простота синтаксису	+	–	+–
Легкість інтеграції з іншими системами	+	+–	+
Зручність для створення ПЗ для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів	+	–	–
Спільнота і підтримка	+	+–	+

Отже, для реалізації програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів обрано мову програмування Python, яка вирізняється великою кількістю доступних бібліотек та інструментів, призначених для обробки зображень, машинного навчання та інтелектуальних обчислень, що дає змогу реалізовувати складні алгоритми з використанням наявного коду. Крім того, інтуїтивно зрозумілий та лаконічний синтаксис мови сприяє зручності розробки, забезпечує швидке прототипування і полегшує підтримку коду, що є важливим аспектом у динамічних проєктах із постійним удосконаленням моделей. Також варто зазначити, що велика та активна спільнота розробників підтримує розширення можливостей Python, швидко реагуючи на появу нових технологій і надаючи допомогу у вирішенні різних технічних питань. Крім того, Python відзначається високою сумісністю з іншими мовами та платформами, що дозволяє інтегрувати розроблені модулі у більші програмні системи або оптимізувати їх продуктивність.

2.2 Вибір середовища розробки для створення програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

В якості середовища розробки для створення програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів було обрано середовище Sublime Text [14], [15].

Середовище розробки Sublime Text поєднує простоту використання з широкими можливостями налаштування, завдяки чому продовжує залишатися затребуваним серед фахівців, які працюють у сфері програмування. Попри те, що цей редактор не має повного набору функцій, притаманних традиційним інтегрованим середовищам розробки, його можна без зусиль розширити за допомогою численних додатків і плагінів, які відкривають доступ до різноманітних інструментів і розширюють спектр задач, що вирішуються. Простий і водночас лаконічний зовнішній вигляд сприяє тому, що вся увага зосереджується виключно на коді, що особливо важливо під час тривалих робочих сесій, коли мінімум відволікаючих елементів допомагає тримати високий темп роботи. Важливо й те, що у Sublime Text передбачено зручне перемикання між файлами та проектами, що створює відчуття гнучкості та порядку навіть під час роботи з об'ємними структурами. Цей редактор можна без труднощів інсталиувати на різні операційні системи, що полегшує співпрацю між розробниками, які працюють у різних середовищах. Операції пошуку та заміни реалізовано так, що редагування тексту займає мінімум часу навіть у великих фрагментах коду, а використання регулярних виразів значно спрощує обробку повторюваних структур. Однією з ключових причин популярності Sublime Text є його здатність працювати швидко і без навантаження на ресурси комп'ютера, що дозволяє уникати затримок навіть на обладнанні з обмеженою продуктивністю. Сукупність цих переваг робить цей редактор надійним помічником у різноманітних завданнях розробки, включаючи створення складних модулів обробки даних чи систем, орієнтованих на ідентифікацію предметів одягу [14], [15].

Вибір Sublime Text як робочого середовища для створення програм, що займаються обробкою даних та виконують завдання з розпізнавання елементів гардероба, пояснюється його здатністю поєднувати оперативність і високу адаптивність під запити конкретного проєкту. Цей редактор демонструє чудову стабільність під час роботи з великою кількістю рядків коду, що особливо актуально, коли йдеться про постійне вдосконалення моделей і часте тестування різних версій алгоритмів, які потребують регулярного редагування. Головною перевагою цього інструмента є можливість підлаштувати зовнішній вигляд і набір функцій відповідно до особистих уподобань, що дозволяє створити робочий простір, максимально зручний для розв'язання практичних завдань. Наявність потужного механізму розширень відкриває шлях до безперешкодної взаємодії з мовами програмування, що найчастіше застосовуються для обробки зображень і реалізації моделей штучного інтелекту. Ще однією сильною стороною Sublime Text вважається підтримка роботи з численними документами одночасно, що дозволяє легко перемикатися між окремими частинами коду чи модулів, пришвидшуючи процес доопрацювання і усунення помилок [14], [15].

Лаконічне робоче поле, позбавлене зайвих візуальних елементів, сприяє зосередженості й забезпечує повну увагу до деталей під час написання складних фрагментів логіки або під час налагодження. Поєднання миттєвої реакції редактора на будь-які зміни, економного використання ресурсів комп'ютера та широкої можливості розширення робить Sublime Text привабливим вибором для фахівців, які працюють над програмним забезпеченням, здатним виконувати складні обчислення й обробляти дані для ідентифікації одягу на зображеннях [14], [15].

Обґрунтування вибору середовища розробки для створення програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Обґрунтування вибору середовища розробки для створення програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Критерій порівняння середовищ розробки	Середовища розробки		
	Sublime Text	PyCharm	VS Code
Швидкість запуску і роботи	+	–	+–
Підтримка плагінів для Python	+	+	+–
Використання ресурсів системи	+	–	+–
Можливість швидкого редагування коду	+	+–	+
Зручність інтерфейсу	+	+–	+

Таким чином, для створення програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів обрано середовище розробки Sublime Text, що відзначається легкістю та швидкістю роботи навіть із великими обсягами коду, що особливо важливо при інтерактивній розробці й тестуванні алгоритмів машинного навчання, які потребують частих змін і налагодження. Sublime Text пропонує широкі можливості налаштування інтерфейсу та робочих процесів під індивідуальні потреби розробника, що сприяє підвищенню ефективності створення ПЗ. Завдяки підтримці численних плагінів і пакетів, інтеграція з мовою програмування Python і бібліотеками для обробки зображень та штучного інтелекту є досить простою і зручною. Крім того, можливість працювати з багатьма файлами одночасно і використовувати функції багатократного вибору та швидкого переходу між частинами коду значно прискорює процес написання і налагодження програмного забезпечення. Відсутність зайвих елементів у інтерфейсі Sublime Text дозволяє

зосередитись на кодї без відволікань, що важливо при розв'язанні складних обчислювальних задач.

2.3 Розробка методу інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі

Для задач розпізнавання одягу традиційно використовуються методи класичної комп'ютерної обробки зображень або простіші алгоритми машинного навчання, які передбачають ручне виділення ознак. Такі підходи обмежуються тим, що вимагають значного втручання розробника у процес побудови ознак: потрібно вручну визначати ключові контури, колірні гами чи текстури, які будуть ознаками для подальшої класифікації. Водночас такі рішення часто не здатні гнучко адаптуватися до великої варіативності фасонів, стилів, кольорових схем і навіть умов освітлення, під якими виконуються знімки одягу. Це робить точність класифікації нестабільною і знижує якість роботи в реальних сценаріях, коли одяг може бути частково прихований, м'ятись, перекриватись іншими предметами або виглядати зовсім інакше залежно від контексту.

Ще однією слабкою стороною традиційних підходів є низька здатність масштабувати рішення під зростання кількості класів чи великі обсяги даних. Чим більше категорій одягу потрібно розпізнати, тим більше зусиль доводиться витратити на розробку нових ручних ознак, що значно ускладнює підтримку системи в актуальному стані й уповільнює впровадження у виробниче середовище. Крім того, у більшості класичних методів відсутній гнучкий механізм самонавчання, тому кожна поява нових зразків чи оновлення каталогу потребує повторної роботи над правилами або навіть повного перегляду моделі.

На відміну від таких рішень, пропонується підхід до розпізнавання одягу, в основі якого лежить використання згорткової нейронної мережі (Convolutional Neural Network, CNN), здатної автоматично виокремлювати

ознаки зображень одягу та класифікувати їх за заданими категоріями. Запропонований підхід на основі згорткової нейронної мережі усуває недоліки відомих методів завдяки автоматичному виділенню ознак без необхідності ручного втручання. Шари згорткової архітектури самостійно «вчаться» виокремлювати найважливіші елементи зображень одягу на різних рівнях складності: від простих контурів і текстур до комбінацій деталей, які характеризують конкретну модель чи фасон. Це дозволяє мережі знаходити закономірності навіть у складних і неоднозначних прикладах, де класичні методи часто дають збої. Ще однією сильною стороною є використання механізму уваги, який забезпечує фокусування саме на ключових фрагментах зображення, що особливо цінно для розпізнавання дрібних деталей або складних елементів дизайну.

Гнучкість архітектури згорткової нейронної мережі робить її придатною для розширення – нові класи одягу можна додавати без потреби кардинально змінювати всю систему: достатньо донавчання моделі на оновленому наборі даних. Такий підхід дає можливість зменшити час оновлення рішення та зберегти його актуальність навіть при частій зміні колекцій або великій кількості товарних позицій.

У запропонованому методі передбачається попереднє формування великої навчальної вибірки, що складається з зображень різних типів одягу, розмічених відповідно до класів, наприклад: футболки, сорочки, куртки, штани, сукні тощо. Для підготовки даних до навчання рекомендується провести їх масштабування, нормалізацію кольору та аугментацію – віддзеркалення, повороти, зміну яскравості – щоб зробити модель стійкішою до різноманітних умов зйомки.

Ядром методу виступає багат шарова згорткова архітектура, яка на початкових рівнях автоматично вилучає базові візуальні ознаки – краї, текстури, кольорові переходи – а на глибших рівнях поступово переходить до розпізнавання складніших абстрактних структур, характерних для конкретних видів одягу. На вихідному шарі доцільно застосувати повнозв'язну мережу з

функцією softmax, яка перетворює ознаки у ймовірності належності до кожної категорії.

Для підвищення точності використовується переднавчання на великій мережі типу ResNet чи VGG і донавчання її шарів на спеціалізованому наборі даних одягу. Такий підхід поєднує загальні візуальні знання з конкретною спеціалізацією. Додатково можна інтегрувати механізм attention, щоб мережа навчилася фокусуватися на важливих деталях крою або елементів дизайну.

Розпізнавання одягу за допомогою інтелектуального підходу, що ґрунтується на згортковій нейронній мережі, передбачає проходження кількох взаємопов'язаних і послідовних етапів, кожен з яких має важливе значення для досягнення високої точності класифікації та стійкості системи до різних умов зйомки й різноманітності типів одягу.

Початковою стадією методу є формування якісного і репрезентативного набору даних, що включає велику кількість зображень різних предметів гардероба. Кожне зображення повинно бути чітко розмічене відповідно до заздалегідь визначених класів: це можуть бути не тільки базові категорії одягу на кшталт футболок чи сорочок, але й підкласи за стилем, фасоном або матеріалом. Чим ширшим і різноманітнішим є набір навчальних даних, тим більш універсальною і стійкою до нових прикладів буде фінальна модель. Для забезпечення достатньої кількості варіантів зображення обов'язково проходять процедуру аугментації – це включає повороти, масштабування, віддзеркалення, зміну яскравості чи контрасту. Такі дії дозволяють створити штучне розширення набору даних і водночас підготувати мережу до розпізнавання одягу в умовах різного освітлення або під різними кутами.

Далі виконується етап попередньої обробки вхідних зображень. Він полягає у приведенні всіх зображень до єдиного розміру та формату, їхньому нормуванні для досягнення стабільності під час навчання та зменшення коливань значень пікселів, що впливає на швидкість збіжності мережі.

Після цього відбувається навчання згорткової нейронної мережі, дані надходять на вхід згорткової нейронної мережі, яка складається з кількох основних блоків. На перших шарах відбувається виділення базових характеристик зображень, таких як краї, текстури, кольорові переходи чи прості геометричні фігури. Цей етап надзвичайно важливий, оскільки від правильного виявлення простих елементів залежить, наскільки точно мережа зможе «зрозуміти» складні візерунки або особливості крою.

Наступний рівень архітектури відповідає за поступове ускладнення виділених ознак. Поглиблені шари згорткової мережі поєднують прості контури в більш складні структури й шаблони, що характерні для певних категорій одягу. Наприклад, завдяки цьому механізму модель здатна навчитися розрізняти комірці, кишені, застібки чи специфічні декоративні елементи. Для того щоб підвищити здатність мережі зосереджуватися на найбільш інформативних деталях, можна додати механізм уваги (*attention layer*), який розподіляє увагу на важливі ділянки зображення і тим самим покращує якість класифікації у складних випадках, наприклад коли одяг частково перекрито або частково видно.

Фінальною частиною згорткової архітектури виступає блок повнозв'язних шарів, що об'єднують усі отримані ознаки в єдине векторне подання, яке потім передається у вихідний шар. Тут використовується функція *softmax*, яка формує розподіл ймовірностей приналежності зображення до кожного з наперед визначених класів одягу. На цьому етапі модель фактично приймає остаточне рішення про те, до якого класу належить конкретний предмет гардероба на фото.

Особливу увагу у запропонованому методі приділено оптимізації процесу навчання нейромережі. Щоб уникнути перенавчання й підвищити стабільність результатів, використовуються сучасні техніки регуляризації, такі як *dropout* або *batch normalization*. Окрім цього, варто застосувати попереднє навчання на великих базах даних загального призначення – наприклад, *ImageNet* – а вже потім провести донавчання (*fine-tuning*) на спеціалізованому

наборі даних одягу. Це дозволяє задіяти вже набуті знання про базові форми і текстури й адаптувати їх до специфіки конкретної задачі.

Готова модель у подальшому може інтегруватися в різні інформаційні системи, такі як платформи для електронної комерції, мобільні додатки для підбору стилю або автоматизовані системи сортування та обліку товарів у магазинах.

Схематичне подання методу інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі наведено на рис. 2.1.

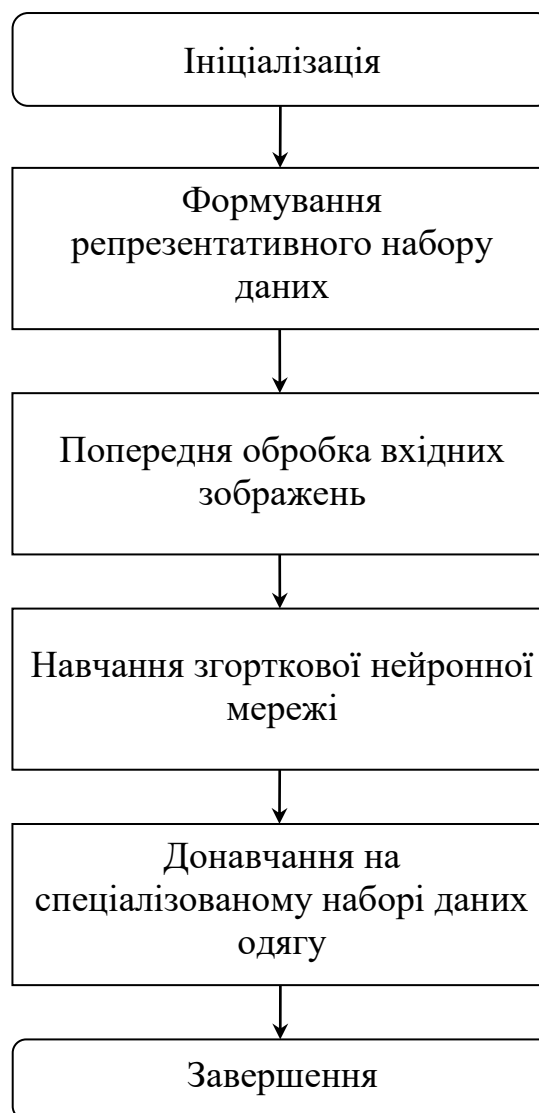


Рисунок 2.1 – Схематичне подання методу інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі

Після навчання модель можна застосувати для автоматичного сортування одягу на зображеннях, для пошуку схожих товарів або для побудови рекомендацій у системах онлайн магазинів.

Отже, запропонований метод на основі згорткової нейронної мережі вважається доцільним, оскільки він вирішує обмеження традиційних методів ручного виділення ознак, забезпечує високу точність і стійкість класифікації у різноманітних умовах та дозволяє швидко масштабувати систему відповідно до потреб ринку одягу.

Запропоновано метод інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі, який полягає у багатошаровому автоматичному вилученні ознак і використанні механізму донавчання на спеціалізованому наборі даних одягу, що дозволяє підвищити точність класифікації та забезпечити стійку роботу моделі навіть за умов складних вхідних даних.

2.4 Висновки за розділом 2

Для реалізації програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів обрано мову програмування Python, яка вирізняється великою кількістю доступних бібліотек та інструментів, призначених для обробки зображень, машинного навчання та інтелектуальних обчислень, що дає змогу реалізовувати складні алгоритми з використанням наявного коду. Крім того, інтуїтивно зрозумілий та лаконічний синтаксис мови сприяє зручності розробки, забезпечує швидке прототипування і полегшує підтримку коду, що є важливим аспектом у динамічних проєктах із постійним удосконаленням моделей.

Для створення програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів обрано середовище розробки Sublime Text, що відзначається легкістю та швидкістю роботи навіть із великими обсягами коду, що особливо важливо при інтерактивній розробці й тестуванні алгоритмів машинного навчання, які потребують частих змін і налагодження.

Sublime Text пропонує широкі можливості налаштування інтерфейсу та робочих процесів під індивідуальні потреби розробника, що сприяє підвищенню ефективності створення ПЗ.

Запропоновано метод інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі, який полягає у багатошаровому автоматичному вилученні ознак і використанні механізму донавчання на спеціалізованому наборі даних одягу, що дозволяє підвищити точність класифікації та забезпечити стійку роботу моделі навіть за умов складних вхідних даних.

3 ОПИС ПРОГРАМИ

3.1 Структура програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Структуру програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів наведено на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Структура програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Структура програмного рішення, яке виконує розпізнавання одягу за допомогою інтелектуальних методів, передбачає поділ усієї логіки на п'ять взаємопов'язаних частин, кожна з яких відповідає за окремий етап обробки й

аналізу вхідних даних. Як видно з рис. 3.1, основними модулями програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів є такі: модуль імпорту та підготовки даних, модуль побудови структури нейронної мережі, модуль навчання та оцінювання нейромережевої моделі, модуль роботи зі сховищем моделей, модуль розпізнавання одягу.

У модулі імпорту та підготовки даних відбувається організація надходження інформації: сюди належить зчитування зображень із бази даних або зовнішніх джерел, а також приведення їх у зручний для обробки формат, що зазвичай означає перетворення зображень у числові вектори, придатні для подальшого використання в обчисленнях.

У модулі побудови структури нейронної мережі задається конфігурація моделі, що включає кілька повнозв'язних шарів, які забезпечують поступову обробку вхідних характеристик і формування зв'язків між ознаками. На цьому ж етапі виконується компіляція, що готує модель до проходження повного циклу навчання.

У модулі навчання та оцінювання нейромережевої моделі здійснюється послідовне навчання мережі на попередньо оброблених зображеннях із обов'язковою перевіркою точності розпізнавання на окремому підмножинному наборі даних, який не брав участі в навчанні. Це дозволяє об'єктивно оцінити здатність моделі працювати з новими прикладами.

Модуль роботи зі сховищем моделей відповідає за збереження підготовленої моделі у вигляді файлів або спеціальних контейнерів, що уможлиблює подальше використання цієї моделі без повторного навчання, а також спрощує перенесення між різними середовищами.

Модуль розпізнавання одягу застосовує збережену модель до нових вхідних зображень і генерує прогноз, визначаючи клас одягу, до якого належить об'єкт на фото, з видачею відповідної ймовірності. Таким чином у цьому модулі за допомогою збереженої навченої моделі у вигляді згорткової нейронної мережі здійснюється визначення до якого саме класу належить нове зображення одягу, що надходить на вхід системи.

Завдяки такій послідовній побудові кожен з компонентів програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів виконує чітко окреслену функцію, що спрощує підтримку всього програмного комплексу та дозволяє швидко адаптувати систему до нових умов або розширювати її можливості без глобальних змін у структурі.

3.2 Функціонування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Функціонування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів подамо за допомогою схеми, зображеної на рис. 3.2.

Функціонування програмного комплексу, що виконує розпізнавання одягу за допомогою інтелектуальних методів, охоплює чітко окреслену послідовність етапів, які забезпечують повний цикл, від моменту старту системи до отримання прогнозу про тип одягу на зображенні. На початковому етапі ініціюється робота всієї програми: запускається підготовчий механізм, що налаштовує середовище та забезпечує готовність до обробки даних. Після цього активується процес отримання навчальної інформації – завантажуються необхідний набір зображень, який містить приклади різних видів одягу. Цей крок є фундаментальним, адже саме якість і різноманітність вихідних зразків визначає рівень точності майбутнього прогнозу.

Наступний етап передбачає зміну розмірності отриманих зображень відповідно до стандартів, прийнятих у моделі. Кожне зображення приводиться до однакових параметрів роздільної здатності, що дозволяє мережі сприймати дані уніфіковано, без спотворень або втрати важливих деталей. Щоб забезпечити стабільність роботи мережі та уникнути надмірних коливань значень, дані додатково нормалізуються. Це означає, що значення пікселів приводяться до певного діапазону, що полегшує процес навчання і сприяє швидшій та стабільнішій збіжності.

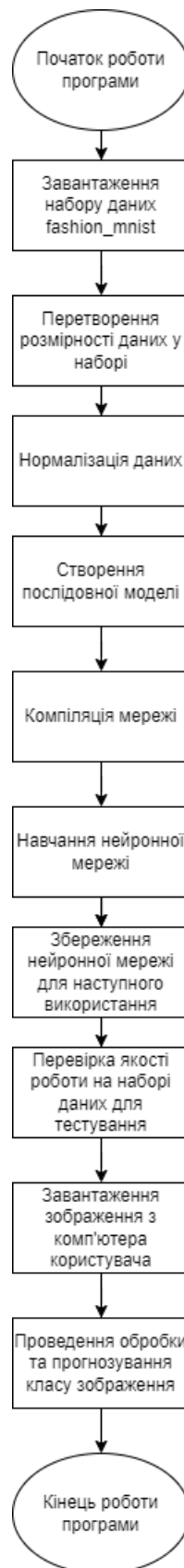


Рисунок 3.2 – Схема функціонування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Коли підготовка даних завершена, формується сама архітектура нейромережової моделі. У цьому блоці визначаються шари нейронної мережі, задається структура, яка включає потрібну кількість згорткових і повнозв'язних елементів, та конфігурується спосіб обробки вхідної інформації. Далі цей каркас мережі проходить процедуру компіляції: встановлюються правила оптимізації, функції втрат та метрики, за якими оцінюватиметься якість навчання.

Після успішної компіляції запускається етап навчання штучної нейронної мережі. У цьому процесі модель на основі згорткової нейромережі послідовно аналізує приклади з набору даних, навчаючись виокремлювати приховані закономірності та ознаки, характерні для різних типів одягу. По завершенні навчання сформовані ваги і параметри мережі фіксуються, і вся модель зберігається у зручному форматі, що дозволяє багаторазово використовувати її без повторного запуску навчального етапу.

Щоб переконатися у високій якості розробленої нейромережової моделі, проводиться перевірка на окремих тестових даних, які не брали участі у навчанні. Це дає змогу об'єктивно оцінити, наскільки добре мережа справляється із завданням класифікації нових зображень. У випадку задовільних результатів нейромережва модель визнається придатною для практичного застосування.

Для розпізнавання конкретного зображення одягу воно завантажується до системи. На цьому етапі активується блок обробки: підготовлене зображення надходить у модель, де проходить усі необхідні внутрішні обчислення, після чого програмна система визначає ймовірність належності цього зображення до певного класу одягу. Фінальним етапом роботи стає видача результату та завершення всієї операції розпізнавання.

Таким чином, увесь цикл функціонування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів, від початку до отримання остаточного висновку, реалізує повний замкнений процес, який поєднує збір даних, інтелектуальну обробку, машинне навчання та практичне

використання готової нейронної мережі для ефективного і точного визначення одягу на будь-яких зображеннях.

3.3 Опис набору даних для синтезу згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу

Для синтезу згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу було використано набір даних Fashion MNIST [16]. У базі даних Fashion MNIST міститься загалом сімдесят тисяч екземплярів, що представляють різноманітні предмети гардеробу та аксесуари.

Графічне подання набору даних Fashion MNIST для синтезу згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу наведено на рис. 3.3.

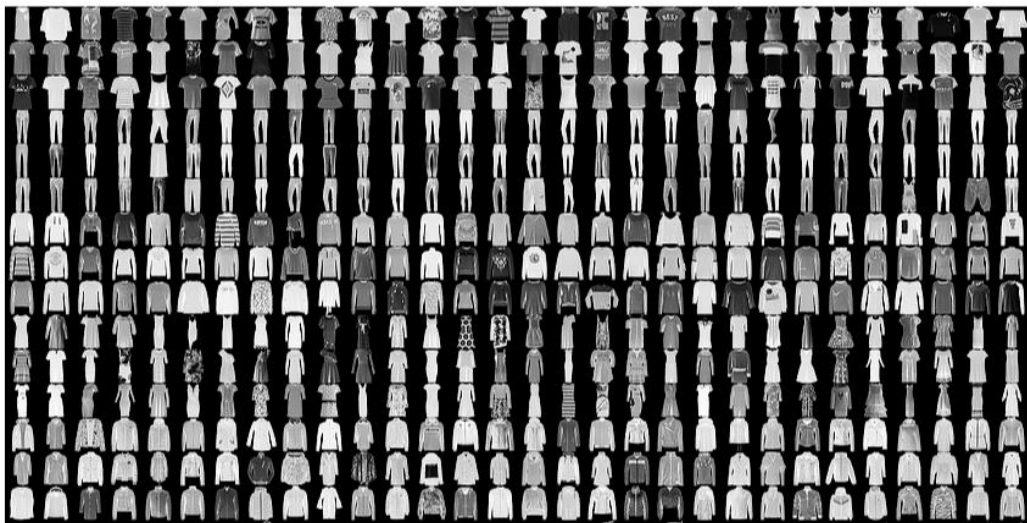


Рисунок 3.3 – Графічне подання набору даних Fashion MNIST для синтезу згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу

З усієї колекції виділено шістдесят тисяч зображень, які застосовуються безпосередньо для процесу навчання штучної нейронної мережі, тоді як решта десять тисяч використовується для того, щоб перевірити точність і стабільність роботи алгоритму під час розпізнавання невідомих раніше даних. Кожен знімок у цьому наборі має однаковий розмір – двадцять

вісім на двадцять вісім пікселів, при цьому колірна гама представлена у градаціях сірого, де кожному пікселю відповідає значення в межах від нуля до двохсот п'ятдесяти п'яти. Щоб досягти кращої стабільності та уникнути надмірних коливань у процесі обробки, значення пікселів зазвичай приводяться до єдиного нормалізованого діапазону, наприклад, між нулем і одиницею. Кожен окремий приклад даних має певну мітку, яка визначає конкретний клас – від нуля до дев'яти, що відповідає певному виду одягу або аксесуара. Так, у межах цього набору можна знайти такі категорії, як футболки чи топи, брюки, светри, сукні, пальта, сандалі, сорочки, спортивне взуття, сумки.

Для реалізації проекту, що передбачає побудову згорткової нейронної архітектури, доцільно використати фреймворк TensorFlow, що надає користувачам потужні інструменти для роботи з великими обсягами даних і доступом до апаратних прискорювачів. Такий фреймворк значно полегшує обробку, оскільки забезпечує не лише наочне відображення структури папок і файлів, але й дозволяє миттєво організувати сховище великих розмірів, що може сягати ста п'ятдесяти гігабайтів. Після того як потрібний датасет стає доступним у хмарі, налаштовується логіка зчитування даних, які будуть задіяні під час тренування мережі. Зазвичай окрім самих графічних файлів використовуються і допоміжні таблиці, які у форматі CSV зберігають шляхи до файлів та супутню інформацію, наприклад, відповідність імені зображення певному класу предметів [17].

При розробці нейронної моделі не варто ігнорувати важливість так званих гіперпараметрів, що впливають на швидкість і ефективність навчання. Одним із ключових параметрів залишається швидкість навчання або *learning rate*, який визначає, як швидко змінюються ваги моделі під час кожної ітерації. Від правильно підібраного значення цього коефіцієнта безпосередньо залежить якість і тривалість навчального процесу: якщо швидкість буде надто великою, модель може не збігатися до оптимального рішення, тоді як занадто мале значення сповільнить процес. Для цього параметр передається моделі як

окреме налаштування, однак перед його вибором доцільно дослідити, яке саме значення виявиться найбільш продуктивним для конкретного набору даних і поставленої задачі.

3.4 Синтез згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу

Розроблене програмне забезпечення виконує розпізнавання категорій одягу, використовуючи зображення, що містяться у наборі даних Fashion MNIST. Основою для такого розпізнавання слугує згорткова нейронна мережа, яка складається з двох основних повнозв'язних шарів. Для обробки кожного зображення модель приймає на вхід 784 параметри пікселів, які передаються у перший шар із вісімсот нейронами, де формується первинне узагальнення ознак. Вихідні дані цього шару спрямовуються до наступного, у якому розташовані десять нейронів, що співвідносяться з відповідними класами предметів гардеробу, представленими у наборі. Побудова та налаштування ваг мережі здійснюється за рахунок застосування алгоритму, що використовує принцип градієнтного спуску для мінімізації помилок при кожній ітерації навчання. Після завершення фази навчання готова модель може обробляти нові вхідні приклади й автоматично визначати, до якого саме класу належить зображення.

Машинне навчання, що лежить в основі цієї технології, надає змогу інтелектуальним додаткам отримувати необхідні знання шляхом багаторазового аналізу інформації без постійного контролю з боку людини. Головне завдання спеціаліста, який працює у цій сфері, полягає у збиранні та впорядкуванні даних, їхньому глибокому вивченні та створенні на цій основі точних алгоритмів, що формують основу для самонавчання моделей.

Інструментом для реалізації математичних розрахунків та побудови складних багаторівневих мереж є TensorFlow, що являє собою потужну платформу, яка спеціалізується на обчисленнях, пов'язаних із машинним навчанням. У межах цієї бібліотеки передбачено зручні API для Python,

завдяки яким побудова й тестування архітектур нейронних мереж відбувається швидко і без зайвих складнощів. Гнучкість структури TensorFlow робить її придатною для запуску як на центральних, так і на графічних чи спеціалізованих тензорних процесорах, а можливість розгортання моделей охоплює не лише стаціонарні сервери чи кластери, а й мобільні або вбудовані пристрої, що розширює межі використання сучасних рішень штучного інтелекту у практичних умовах [17].

Схему процесу обробки даних Tensorflow для синтезу нейромережевої моделі для розпізнавання одягу наведено на рис. 3.4.

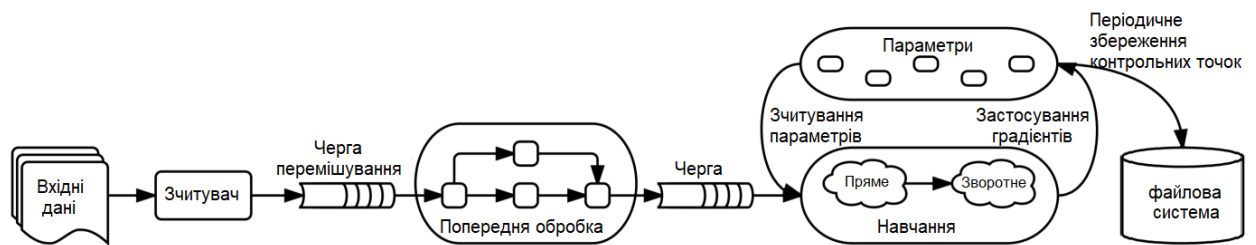


Рисунок 3.4 – Схема процесу обробки даних Tensorflow для синтезу нейромережевої моделі для розпізнавання одягу

Ця схема демонструє конвеєр обробки, навчання і збереження нейронної мережі у TensorFlow, який використовується для створення нейромережових моделей розпізнавання одягу з використанням великих масивів даних та обчислювальних ресурсів. Вхідними даними можуть бути зображеннями одягу у форматі, придатному для машинного навчання, наприклад, екземпляри з Fashion MNIST або інших наборів даних. Вхідні дані передаються на етап зчитування, де відбувається читання файлів або пакетів даних із пам'яті чи з файлової системи.

Щоб уникнути перекосу моделі та зробити навчання більш стабільним, прочитані приклади потрапляють до черги перемішування. Тут дані перемішуються у випадковому порядку, щоб навчальний процес не залежав від послідовності прикладів і щоб уникнути «запам'ятовування» порядку зображень.

Далі дані проходять блок попередньої обробки. На цьому кроці виконуються такі операції, як нормалізація пікселів, зміна розміру зображень до потрібних параметрів, можливо, аугментація (доповнення) для штучного збільшення кількості даних (наприклад, обертання чи віддзеркалення зображень).

Після обробки дані знову зберігаються у черзі для зручного пакування. Ця черга організовує потік даних так, щоб GPU чи CPU без затримок отримували наступну партію зображень.

Паралельно працює механізм зчитування параметрів і зберігання основних параметрів моделі. Це ваги та зміщення нейронної мережі, які змінюються у процесі навчання.

Коли дані готові, вони потрапляють у центральний блок, де реалізується обчислення прямого та зворотного проходження. На етапі прямого проходження мережа робить прогноз: визначає ймовірність того, до якого класу належить кожне зображення. Під час зворотного проходження обчислюється помилка (функція втрат), і ця інформація використовується для обчислення градієнтів.

Далі йде застосування градієнтів – цей етап оновлює ваги та параметри мережі на основі обчислених градієнтів, що дозволяє моделі поступово покращувати свої прогнози. Усе це разом складає фазу навчання.

Щоб забезпечити збереження прогресу та можливість продовження тренування після зупинки, реалізується періодичне збереження контрольних точок. Ці контрольні точки зберігають поточний стан ваг і параметрів моделі.

Насамкінець, вся система працює у зв'язці з файловою системою. Це дає змогу обробляти великі об'єми даних у паралельних середовищах і забезпечує доступність даних для всіх вузлів, що виконують тренування або оцінку моделі.

У середовищі TensorFlow побудова нейромережевої моделі для розпізнавання одягу ґрунтується на уявленні всієї системи як потоку інформації, де обчислювальні операції реалізуються у вигляді окремих вузлів,

а з'єднання між ними виступають каналами передачі даних у формі багатовимірних структур – тензорів. Весь обчислювальний процес організовується у вигляді спеціальної графової структури, що дозволяє конструювати багаторівневі шари нейронної мережі, використовуючи зручні засоби для написання сценаріїв високого рівня. Виконання обчислень startує лише тоді, коли зібрано повну схему програми, що відкриває можливість для глибшої оптимізації: модель аналізується в цілому, і на основі всієї доступної інформації добираються найбільш раціональні шляхи для виконання завдань. Задіяти обчислювальні ресурси графічного процесора у TensorFlow вдається максимально ефективно завдяки ретельно сформованим залежностям у графі, які дозволяють передавати потоки команд у GPU без затримок на проміжну обробку.

Для розробки програмного забезпечення для розпізнавання одягу використано бібліотеку Keras, що функціонує як надбудова над TensorFlow і стала одним із найпоширеніших інструментів для побудови штучних нейронних архітектур [18]. На відміну від роботи з низькорівневими деталями, такими як пряме керування тензорними операціями чи автоматичне обчислення похідних, ця бібліотека приховує складність і дає можливість зосередитися на концепції та експериментальній частині дослідження. Платформа підтримує не тільки TensorFlow, а й інші популярні фреймворки на зразок Theano чи CNTK, що дозволяє без зайвих зусиль переносити моделі між різними середовищами. Головна перевага Keras у тому, що вона значно скорочує час переходу від створення ідеї до отримання готового результату, роблячи роботу дослідника набагато продуктивнішою [18].

Інтерфейс у Keras вирізняється своєю лаконічністю й логічністю, завдяки чому навіть складні конфігурації можна зібрати зрозуміло та без помилок. Зрозумілі повідомлення про помилки спрощують пошук і виправлення можливих проблем, що особливо важливо під час тестування прототипів. Цікаво й те, що один і той самий код, створений із використанням Keras, можна без будь-яких модифікацій запустити у середовищі іншої

сумісної бібліотеки, що робить цей інструмент гнучким і зручним для наукових експериментів та промислових рішень [18].

3.5 Висновки за розділом 3

Розроблено програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

Запропоновано структуру програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів. Визначено, що основними модулями програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів є такі: модуль імпорту та підготовки даних, модуль побудови структури нейронної мережі, модуль навчання та оцінювання нейромережевої моделі, модуль роботи зі сховищем моделей, модуль розпізнавання одягу.

Розроблено схему функціонування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів, на якій зображено процес, який поєднує збір даних, інтелектуальну обробку, машинне навчання та практичне використання готової нейронної мережі для ефективного і точного визначення одягу на зображеннях.

Визначено, що для синтезу згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу доцільно використати набір даних Fashion MNIST. Показано, що для реалізації проєкту, що передбачає побудову згорткової нейронної архітектури, доцільно використати фреймворк TensorFlow, що надає користувачам потужні інструменти для роботи з великими обсягами даних і доступом до апаратних прискорювачів. Описано процес обробки даних Tensorflow для синтезу нейромережевої моделі для розпізнавання одягу. Наведено схему, яка демонструє конвеєр обробки, навчання і збереження нейронної мережі у TensorFlow, що використовується для створення нейромережеских моделей розпізнавання одягу з використанням великих масивів даних та обчислювальних ресурсів.

4 ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ТЕСТУВАННЯ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМИ

4.1 Призначення й умови застосування програми

Програма призначена для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів. Програма написана на мові Python, яка вирізняється великою кількістю доступних бібліотек та інструментів, призначених для обробки зображень, машинного навчання та інтелектуальних обчислень, що дає змогу реалізовувати складні алгоритми з використанням наявного коду. В якості середовища розробки для створення програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів обрано Sublime Text, що відзначається легкістю та швидкістю роботи навіть із великими обсягами коду, що особливо важливо при інтерактивній розробці й тестуванні алгоритмів машинного навчання, які потребують частих змін і налагодження.

Програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів забезпечує виконання таких функцій:

- забезпечення можливості імпорту зображень одягу для подальшої обробки;
- підтримка функції завантаження готових наборів даних, зокрема таких як Fashion MNIST, для використання у навчанні нейронної мережі;
- реалізація засобів для перетворення графічних файлів у числові масиви даних, придатних для подальших обчислень;
- надання можливості попередньої обробки вхідних даних, включаючи нормалізацію та зміну розмірності;
- підтримка створення нейромережових розпізнавальних моделей на основі завантажених або оброблених даних;
- забезпечення збереження проміжних та остаточних результатів навчання для подальшого використання;
- реалізація інструментів для прогнозування класу одягу на нових зображеннях.

Для роботи програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів потрібні такі технічні та програмні ресурси: для виконання усіх обчислень, пов'язаних з підготовкою, навчанням і тестуванням моделі, доцільно використовувати комп'ютерну систему, оснащену сучасним процесором з багатоядерною архітектурою, тактової частоти якого достатньо для обробки великих масивів даних, як мінімум не нижче 2.0 ГГц. Обсяг оперативної пам'яті повинен дозволяти одночасну роботу з великими наборами даних та запуск кількох фонових процесів, тому рекомендовано мати не менше 4 гігабайтів оперативної пам'яті, хоча для обробки зображень оптимальним варіантом буде збільшення цього показника до 8 гігабайтів. Вільний простір на накопичувачі має забезпечувати збереження усіх необхідних файлів моделі, наборів даних, а також тимчасових результатів і резервних копій – варто передбачити хоча б кілька гігабайтів запасу, з урахуванням можливого розширення проєкту.

Для коректного запуску програмного коду потрібна операційна система, сумісна з сучасними бібліотеками машинного навчання та середовищами розробки, наприклад, Windows версії не нижче Windows 7, або одна з популярних дистрибуцій Linux чи MacOS, що підтримують актуальні версії Python та необхідних фреймворків. Обов'язковою є наявність пристроїв введення та виведення, таких як клавіатура для керування програмою, маніпулятор миша для навігації інтерфейсом, а також екран чи монітор з достатньою роздільною здатністю для роботи з графічними файлами. Для зручності налагодження та візуалізації результатів рекомендується підключення до Інтернету для доступу до хмарних середовищ, оновлення бібліотек та обміну даними у мережі. Таким чином, забезпечення базового технічного рівня дозволяє стабільно працювати із завданнями розпізнавання одягу без затримок та надмірного навантаження на систему.

Функціональні характеристики розробленого програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів наведено у технічному завданні (додаток А). Фрагмент тексту програмного

забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів наведено у додатку Б.

4.2 Характеристики програми для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів засновано на модульній структурі, яка дає змогу ефективно керувати кожним етапом – від підготовки вхідної інформації до отримання прогнозованого класу одягу. Застосування методів машинного навчання дозволяє досягати високої точності класифікації навіть у разі роботи з великою кількістю різноманітних зображень.

Серед важливих характеристик варто відзначити здатність працювати з різними графічними форматами та багатоступеневу обробку даних, яка дозволяє якісно підготувати інформацію для навчання розпізнавальної моделі. Гнучкі налаштування параметрів дають змогу підбирати оптимальні умови для навчання мережі та перевіряти різні варіанти архітектури, що підвищує ефективність моделі.

Програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів займає незначний обсяг пам'яті, що не створює великого навантаження на носій інформації, адже зберігається безпосередньо на накопичувачі комп'ютера. Його запуск здійснюється тоді, коли виникає необхідність провести ідентифікацію предметів гардероба на основі наданих зображень.

Основою для навчання й роботи алгоритмів виступає потужна бібліотека TensorFlow, що забезпечує коректну побудову обчислювальної моделі. Для реалізації процесу класифікації використовується послідовна архітектура нейронної мережі, де передбачені повністю зв'язані шари, через які відбувається передача даних від вхідного до вихідного рівня. Процес оптимізації виконується за допомогою стохастичного градієнтного спуску, а

контроль точності розпізнавання реалізується завдяки метриці, що визначає помилки класифікації. Отримані результати дозволяють визначати категорію кожного об'єкта на основі раніше підготовленої моделі.

Наявність механізмів збереження і відновлення проміжних результатів забезпечує безперервність роботи навіть за умови великих обсягів обчислень або обмежених апаратних ресурсів. Підсумком використання програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів є отримання точних результатів класифікації, що можуть застосовуватися у найрізноманітніших прикладних галузях, пов'язаних із автоматизованим розпізнаванням образів і аналізом предметів одягу.

4.3 Інструкція по експлуатації програми

4.3.1 Звернення до програми

Щоб розпочати роботу з програмним інструментом, потрібно активувати його у відповідному середовищі.

4.3.2 Вхідні й вихідні дані

Вхідними даними до програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів є зображення у відповідних графічних форматах.

Вихідними даними програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів є створені розпізнавальні моделі, а також класи розпізнаних об'єктів одягу.

4.3.3 Повідомлення

Користувач програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів може отримати такі повідомлення:

повідомлення про успішне завершення процесу синтезу розпізнавальної моделі, повідомлення про клас розпізнаного одягу та ін.

4.4 Виконання програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів реалізовано у вигляді програмних модулів з можливістю експлуатації у консольному режимі, що забезпечує можливість подальшого його використання у більш складних системах.

Для розпізнавання одягу необхідно задати зображення відповідному програмному модулю. Результатом розпізнавання буде клас одягу та назва відповідного класу (рис. 4.1). Як видно, програма за допомогою синтезованої нейромоделі визначила клас Туфлі для наведеного зображення.

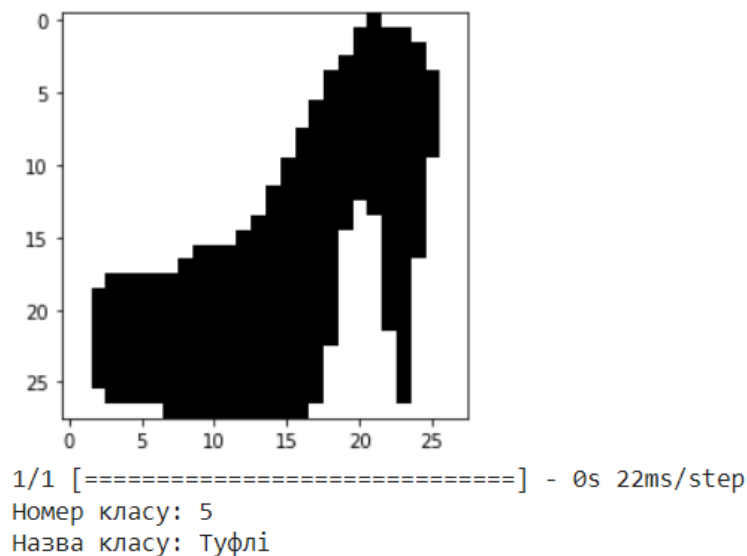


Рисунок 4.1 – Результати розпізнавання одягу за допомогою ПЗ

Опишемо процес синтезу неймережевої розпізнавальної моделі за допомогою розробленого програмного забезпечення. Для створення неймережевої розпізнавальної моделі за допомогою розробленого програмного забезпечення необхідно задати параметри неймережі та

параметри її навчання, наприклад, метод навчання (запропонований або існуючі, функції активації нейронів, кількість нейронів у шарах, кількість епох навчання та інші. Після запуску процедури навчання нейромережевої розпізнавальної моделі користувачу відобразиться графік, на якому зображено точність розпізнавання на навчальних та тестових даних, яку досягнуто на кожній ітерації навчання (рис. 4.2).

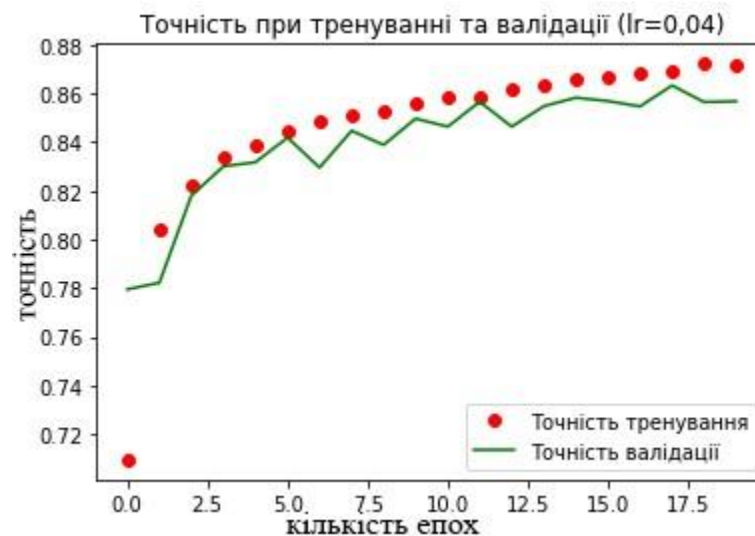


Рисунок 4.2 – Графік залежності точності розпізнавання на навчальних та тестових даних від номеру ітерації (коефіцієнт навчання lr = 0,04)

У процесі проведення експериментальних досліджень з синтезу нейромережевих моделей можна змінювати різні параметри навчання та моделі, зокрема, коефіцієнт навчання (learning rate). Графік залежності точності розпізнавання на навчальних та тестових даних від номеру ітерації при коефіцієнті навчання lr = 0,24 наведено на рис. 4.3.

Як видно з рис. 4.2 та 4.3 при збільшенні коефіцієнту навчання з 0,04 до 0,24 збільшується швидкість пошуку моделі з прийнятною точністю. Наприклад, на десятій ітерації при коефіцієнту навчання з 0,04 досягнуто точність моделі на навчальних даних 0,86 (на тестових даних 0,85), а при коефіцієнті навчання 0,24 точність розпізнавальної моделі на десятій ітерації навчання складала 0,88 на навчальних даних та 0,86 на тестових даних.

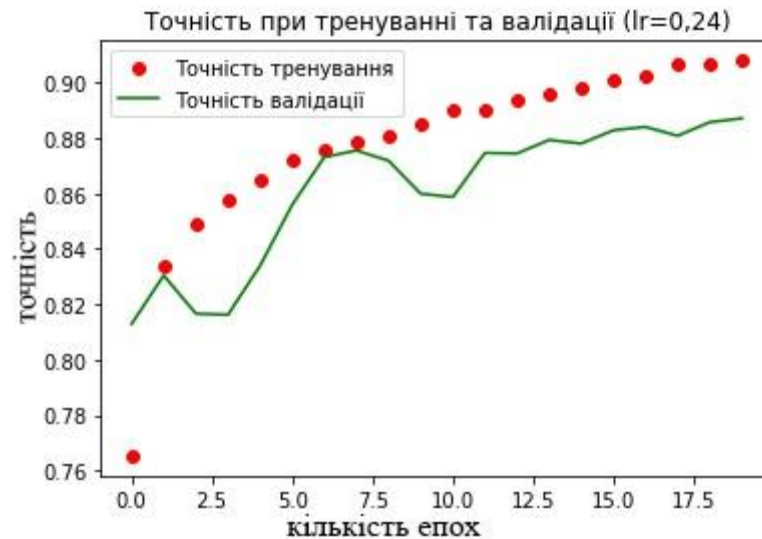


Рисунок 4.3 – Графік залежності точності розпізнавання на навчальних та тестових даних від номеру ітерації при коефіцієнті навчання $lr = 0,24$

Проте при суттєвому збільшенні коефіцієнту навчання до 0,94 спостерігається зменшення точності моделі на тестових даних (до 0,86) (рис. 4.4).

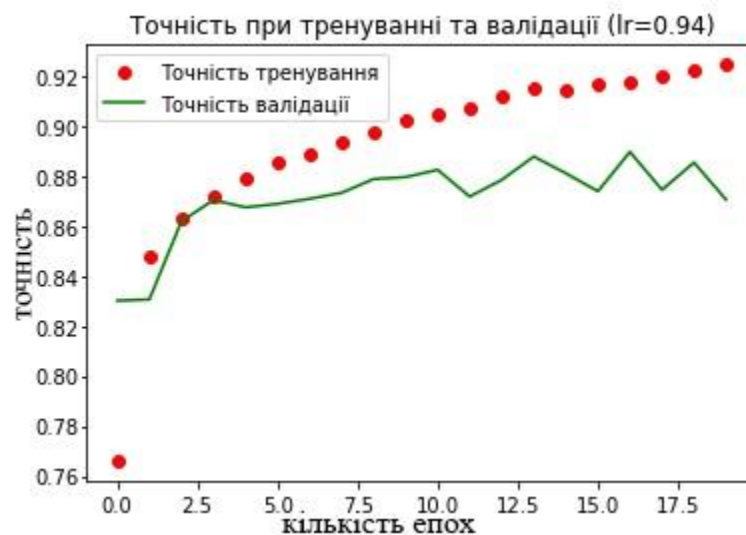


Рисунок 4.4 – Графік залежності точності розпізнавання на навчальних та тестових даних від номеру ітерації при коефіцієнті навчання $lr = 0,94$

Тому при розв'язанні реальних практичних завдань розпізнавання одягу важливим є проведення різних експериментів для встановлення

ефективних значень параметрів навчання. За результатами проведених експериментів визначено, що прийнятним значенням коефіцієнту навчання lr для синтезу розпізнавальних нейромережових моделей є 0,24.

На рис. 4.5 наведено графік залежності точності розпізнавання від номеру ітерації при ста ітераціях навчання.



Рисунок 4.5 – Графік залежності точності розпізнавання від номеру ітерації при ста ітераціях навчання

Як видно починаючи приблизно з сорокової ітерації точність синтезованої моделі майже не змінюється. Тому при розв'язанні завдань синтезу розпізнавальних моделей для класифікації одягу на даних, подібних до тих, які були використані при проведенні цього дослідження, доцільно встановлювати максимальну кількість ітерацій на рівні 40-50 епох.

4.5 Тестування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів

Виконано тестування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

Виявлено, що програма для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів функціонує правильно та злагоджено. Вона реалізує всі функціональні вимоги та успішно виконує свою основну задачу підтримки процесу оптимізації цільових функцій.

Розроблене програмне забезпечення дозволяє забезпечувати автоматизацію процесів, пов'язаних з підтримкою оптимізації функцій при розв'язанні практичних завдань аналізу даних, прогнозування, діагностування.

4.6 Висновки за розділом 4

Виконано тестування розробленого програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів. Результати тестування програмного забезпечення показали, що розроблена програма дозволяє забезпечити автоматизацію процесів, пов'язаних з підтримкою оптимізації функцій при розв'язанні практичних завдань аналізу даних, прогнозування, діагностування.

ВИСНОВКИ

В ході виконання дипломної кваліфікаційної роботи магістра було проаналізовано та досліджено процеси обчислень, пов'язані з розпізнаванням одягу за допомогою інтелектуальних методів.

Визначено, що інтелектуальні методи розпізнавання одягу базуються на застосуванні сучасних алгоритмів штучного інтелекту, які здатні аналізувати зображення з високою точністю. Використання глибинного навчання, зокрема нейронних мереж, дозволяє автоматично виділяти характерні ознаки текстильних виробів, такі як текстура, колір, форма та стиль. Обробка зображень відбувається за допомогою спеціалізованих моделей, які навчаються на великій кількості прикладів, що сприяє підвищенню ефективності класифікації та ідентифікації різних типів одягу. При цьому застосовуються алгоритми, що враховують варіативність освітлення, ракурсів та положення об'єкта, що забезпечує стійкість системи до змін у зовнішньому середовищі.

За результатами проведеного аналізу зроблено висновок, що відомі інтелектуальні методи та програмне забезпечення для розпізнавання одягу мають і низку недоліків. Однією з основних проблем залишається обмежена точність при роботі зі складними зображеннями, де одяг може перекиватися іншими предметами або бути спотвореним через складки й тіні. Також виникають труднощі під час розпізнавання рідкісних або нестандартних моделей одягу, для яких бракує достатньо навчальних даних. Високі вимоги до обчислювальних ресурсів і потреба у великих обсягах якісно розмічених зображень часто обмежують доступність таких систем для малих компаній. Ще однією проблемою є залежність результатів від якості фото, освітлення й ракурсу, що знижує стабільність роботи програмного забезпечення в реальних умовах. Крім технічних аспектів, важливим викликом лишається питання захисту конфіденційності користувачів, оскільки обробка зображень одягу

часто передбачає використання персональних фото. Тому актуальним є дослідження та реалізація інтелектуальних методів розпізнавання одягу.

Сформульовано функціональні вимоги до програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

Для реалізації програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів обрано мову програмування Python, яка вирізняється великою кількістю доступних бібліотек та інструментів, призначених для обробки зображень, машинного навчання та інтелектуальних обчислень, що дає змогу реалізовувати складні алгоритми з використанням наявного коду. Крім того, інтуїтивно зрозумілий та лаконічний синтаксис мови сприяє зручності розробки, забезпечує швидке прототипування і полегшує підтримку коду, що є важливим аспектом у динамічних проєктах із постійним удосконаленням моделей.

Для створення програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів обрано середовище розробки Sublime Text, що відзначається легкістю та швидкістю роботи навіть із великими обсягами коду, що особливо важливо при інтерактивній розробці й тестуванні алгоритмів машинного навчання, які потребують частих змін і налагодження. Sublime Text пропонує широкі можливості налаштування інтерфейсу та робочих процесів під індивідуальні потреби розробника, що сприяє підвищенню ефективності створення ПЗ.

Новизна роботи полягає у тому, що запропоновано метод інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі, який полягає у багатошаровому автоматичному вилученні ознак і використанні механізму донавчання на спеціалізованому наборі даних одягу, що дозволяє підвищити точність класифікації та забезпечити стійку роботу моделі навіть за умов складних вхідних даних.

Практична цінність полягає у розробленні програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

Запропоновано структуру програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів. Визначено, що основними модулями програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів є такі: модуль імпорту та підготовки даних, модуль побудови структури нейронної мережі, модуль навчання та оцінювання нейромережевої моделі, модуль роботи зі сховищем моделей, модуль розпізнавання одягу.

Розроблено схему функціонування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів, на якій зображено процес, який поєднує збір даних, інтелектуальну обробку, машинне навчання та практичне використання готової нейронної мережі для ефективного і точного визначення одягу на зображеннях.

Визначено, що для синтезу згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу доцільно використати набір даних Fashion MNIST. Показано, що для реалізації проєкту, що передбачає побудову згорткової нейронної архітектури, доцільно використати фреймворк TensorFlow, що надає користувачам потужні інструменти для роботи з великими обсягами даних і доступом до апаратних прискорювачів. Описано процес обробки даних Tensorflow для синтезу нейромережевої моделі для розпізнавання одягу. Наведено схему, яка демонструє конвеєр обробки, навчання і збереження нейронної мережі у TensorFlow, що використовується для створення нейромережеских моделей розпізнавання одягу з використанням великих масивів даних та обчислювальних ресурсів.

Виконано тестування розробленого програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів. Результати тестування програмного забезпечення показали, що розроблена програма дозволяє забезпечити автоматизацію процесів, пов'язаних з підтримкою оптимізації функцій при розв'язанні практичних завдань аналізу даних, прогнозування, діагностування.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. AI Clothing Detection: Use Cases for Fashion and E-commerce [Electronic resource]. – Access mode: <https://postindustria.com/ai-clothing-detection-use-cases-for-fashion-and-e-commerce/>.
2. Image Recognition: The Basics and Use Cases [Electronic resource]. – Access mode: <https://viso.ai/computer-vision/image-recognition/>.
3. AI Image Recognition: How It Works and Its Applications [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.akademosresearch.com/blog/ai-image-recognition-how-it-works-and-its-applications>.
4. Understanding Image Recognition: Algorithms, Machine Learning, and Uses [Electronic resource]. – Access mode: <https://visionplatform.ai/image-recognition/>.
5. What is Image Recognition [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.geeksforgeeks.org/computer-vision/what-is-image-recognition/>.
6. Image Recognition: Definition, Algorithms & Uses [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.v7labs.com/blog/image-recognition-guide>.
7. AI Image Recognition Guide [Electronic resource]. – Access mode: <https://fritz.ai/image-recognition/>.
8. Folio3 [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.folio3.ai/apparel-detection/>.
9. Cloth Recognizer [Electronic resource]. – Access mode: <https://hsuper.tools/cloth-recognizer/>.
10. A4a Fashion [Electronic resource]. – Access mode: <https://api4.ai/apis/fashion>.
11. Real Python Tutorials [Electronic resource]. – Access mode: <https://realpython.com/>.
12. Python Classes [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.python.org/3.13/tutorial/classes.html>.

13. Python Tutorial Learn Python Programming Language [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.geeksforgeeks.org/python-programming-language-tutorial/>.

14. Learn How to Use Sublime Text: A Quick Overview [Electronic resource]. – Access mode : <https://kinsta.com/blog/how-to-use-sublime-text/>.

15. Sublime Text [Electronic resource]. – Access mode: <https://sublime-text.en.softonic.com/>.

16. Fashion MNIST dataset, an alternative to MNIST [Electronic resource]. – Access mode: https://keras.io/api/datasets/fashion_mnist/.

17. TensorFlow [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.tensorflow.org/>.

18. Keras. A superpower for ML developers [Electronic resource]. – Access mode: <https://keras.io/>.

ДОДАТОК А
Технічне завдання

Вступ

Програмне забезпечення може використовуватися для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

A.1 Підстава для розробки

Підставою для розробки є завдання на дипломну кваліфікаційну роботу на тему «Дослідження та програмна реалізація генетичних алгоритмів оптимізації мультимодальних неперервних функцій», затверджене наказом Національного університету «Запорізька політехніка» № 447 від 30 вересня 2025 р.

A.2 Призначення розробки

Програмний продукт призначений для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

A.3 Основні вимоги до програми, що розробляється

A.3.1 Вимоги до функціональних характеристик

Програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів забезпечує виконання таких функцій:

- забезпечення можливості імпорту зображень одягу для подальшої обробки;
- підтримка функції завантаження готових наборів даних, зокрема таких як Fashion MNIST, для використання у навчанні нейронної мережі;
- реалізація засобів для перетворення графічних файлів у числові масиви даних, придатних для подальших обчислень;

- надання можливості попередньої обробки вхідних даних, включаючи нормалізацію та зміну розмірності;
- підтримка створення нейромережових розпізнавальних моделей на основі завантажених або оброблених даних;
- забезпечення збереження проміжних та остаточних результатів навчання для подальшого використання;
- реалізація інструментів для прогнозування класу одягу на нових зображеннях.

А.3.2 Вимоги до інтерфейсу програми

Інтерфейс програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів повинен бути зручним для користувачів.

А.3.3 Вимоги до надійності

Програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів повинно забезпечити надійне функціонування.

А.3.4 Умови експлуатації

Для експлуатації програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів необхідна наявність комп'ютера.

А.3.5 Вимоги до складу та параметрів технічних засобів

Для роботи програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів потрібні такі технічні та програмні ресурси: для виконання усіх обчислень, пов'язаних з підготовкою, навчанням і

тестуванням моделі, доцільно використовувати комп'ютерну систему, оснащену сучасним процесором з багатоядерною архітектурою, тактової частоти якого достатньо для обробки великих масивів даних, як мінімум не нижче 2.0 ГГц. Обсяг оперативної пам'яті повинен дозволяти одночасну роботу з великими наборами даних та запуск кількох фонових процесів, тому рекомендовано мати не менше 4 гігабайтів оперативної пам'яті, хоча для обробки зображень оптимальним варіантом буде збільшення цього показника до 8 гігабайтів. Вільний простір на накопичувачі має забезпечувати збереження усіх необхідних файлів моделі, наборів даних, а також тимчасових результатів і резервних копій – варто передбачити хоча б кілька гігабайтів запасу, з урахуванням можливого розширення проєкту.

Для коректного запуску програмного коду потрібна операційна система, сумісна з сучасними бібліотеками машинного навчання та середовищами розробки, наприклад, Windows версії не нижче Windows 7, або одна з популярних дистрибуцій Linux чи MacOS, що підтримують актуальні версії Python та необхідних фреймворків. Обов'язковою є наявність пристроїв введення та виведення, таких як клавіатура для керування програмою, маніпулятор миша для навігації інтерфейсом, а також екран чи монітор з достатньою роздільною здатністю для роботи з графічними файлами. Для зручності налагодження та візуалізації результатів рекомендується підключення до Інтернету для доступу до хмарних середовищ, оновлення бібліотек та обміну даними у мережі. Таким чином, забезпечення базового технічного рівня дозволяє стабільно працювати із завданнями розпізнавання одягу без затримок та надмірного навантаження на систему.

A.3.6 Вимоги до маркування і пакування

Програма для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів може бути записана на будь-якому носії інформації.

На пакуванні повинна бути назва програми – «Програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів».

A.4 Вхідні дані до роботи

Вхідними даними до програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів є зображення у відповідних графічних форматах.

Вихідними даними програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів є створені розпізнавальні моделі, а також класи розпізнаних об'єктів одягу.

ДОДАТОК Б
Фрагмент тексту програми

```

(xtrn, ytrn), (xtst, ytst) = fashnmnist.load_data()
klses = ['Футболка', 'Брюки', 'Светр', 'Плаття', 'Плащ',
'Туфлі', 'Рубаха', 'Кросівки', 'Сумка', 'Ботинки']
plrt.figure(figsize=(10,10))
for i in range(100,150):
    plrt.subplot(5,10,i-100+1)
    plrt.xticks([])
    plrt.yticks([])
    plrt.grid(False)
    plrt.imshow(xtrn[i], cmap=plrt.cm.binary)
    plrt.xlabel(klses[ytrn[i]])
xtrn = xtrn.reshape(60000, 784)
xtst = xtst.reshape(10000, 784)
xtrn = xtrn / 255
xtst = xtst / 255
n = 0
print(ytrn[n])
ytrn = utis.to_categorical(ytrn, 10)
ytst = utis.to_categorical(ytst, 10)
print(ytrn[n])
mdl = Sequential()
mdl.add(Dense(800, input_dim=784, activation="relu"))
handwritten digits)
mdl.add(Dense(10, activation="softmax"))
mdl.compile(loss="categorical_crossentropy",
optimizer="SGD", metrics=["accuracy"])

print(mdl.summary())
history = mdl.fit(xtrn, ytrn,
                  batch_size=200,
                  epochs=100,
                  validation_split=0.2,
                  verbose=1)
mdl.save('fashnmnist_dense.h5')
scrs = mdl.evaluate(xtst, ytst, verbose=1)
print("Точність розпізнавання тестових даних:",
round(scrcs[1] * 100, 4))

```

```

n_rec = 1000
plt.imshow(xtst[n_rec].reshape(28, 28),
           cmap=plt.cm.binary)
plt.show()
x = xtst[n_rec]
x = np.expand_dims(x, axis=0)
prdctn = mdl.predict(x)
prdctn
prdctn = np.argmax(prdctn[0])
print("№ Мітка класу:", prdctn)
print("Назва одягу :", klses[prdctn])
lbl = np.argmax(ytst[0])
print("№ Мітка класу:", lbl)
print("Назва одягу :", klses[lbl])
files.upload()
impath = '44024.png'
imj = image.load_img(impath, target_size=(28, 28),
                    color_mode = "grayscale")
plt.imshow(imj.convert('RGBA'))
plt.show()
x = image.img_to_array(imj)
x = x.reshape(1, 784)
x = 255 - x
x /= 255
prdctn = mdl.predict(x)
prdctn
prdctn = np.argmax(prdctn)
print("№ Мітка класу:", prdctn)
print("Назва одягу :", klses[prdctn])

trndtst = pd.read_csv('mnist_trndt.csv') tstdtst =
pd.read_csv('mnistttest.csv')
print('Розмір навчальної вибірки: ', trndtst.shape)
print('Розмір тестової вибірки: ', tstdtst.shape)

trndt = np.array(trndtst, dtype = 'float32') test =
np.array(tstdtst, dtype = 'float32')

```

```

trnA = trndt[:,1:] trnB = trndt[:,0] tstA = test[:,1:] tstB
= test[:,0]
print('Навчальна вибірка: ', trnA.shape, trnB.shape)
print('Тестова вибірка: ', tstA.shape, tstB.shape)

klses = np.unique(trnB) nKlses = len(klses)
print('Всього Мітка класуів : ', nKlses) print('Типи одягу :
', klses)

plt.figure(figsize=[10,10])

plt.subplot(121)
plt.imshow(trnA[30].reshape((28,28)), cmap='gray')
plt.title("Мітка класу : {}".format(trnB[30]))

plt.subplot(122)
plt.imshow(tstA[30].reshape((28,28)), cmap='gray')
plt.title("Мітка класу : {}".format(tstB[30]))
trnA = trnA.reshape(-1, 28,28, 1) tstA = tstA.reshape(-1,
28,28, 1) trnA.shape, tstA.shape

trnA = trnA.astype('float32') tstA = tstA.astype('float32')
trnA = trnA / 255. tstA = tstA / 255.
trnB_onehot = to_categorical(trnB) tstB_onehot =
to_categorical(tstB)
print(':', trnB_onehot[30])

trnA,vldX,trndt_lbl,valid_lbl = trndt_tstsplit(trnA,
trnB_onehot, tstsize=0.2, random_state=21)
batch_size = 128
epochs = 30
num_klses = 10
mdl = Sequential()
mdl.add(Conv2D(32, kernel_size=(3,
3),activation='linear',padding='same',input_shape=(28,28,1))
) mdl.add(LeakyReLU(alpha=0.1))
mdl.add(MaxPooling2D((2, 2),padding='same'))
mdl.add(Dropout(0.25))

```

```

mdl.add(Conv2D(64, (3, 3),
activation='linear',padding='same'))
mdl.add(LeakyReLU(alpha=0.1))
mdl.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2),padding='same'))
mdl.add(Dropout(0.25))
mdl.add(Conv2D(128, (3, 3),
activation='linear',padding='same'))
mdl.add(LeakyReLU(alpha=0.1))
mdl.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2),padding='same'))
mdl.add(Dropout(0.4)) mdl.add(Flatten())
mdl.add(Dense(128, activation='linear'))
mdl.add(LeakyReLU(alpha=0.1))
mdl.add(Dropout(0.3))
mdl.add(Dense(num_klses, activation='softmax'))

mdl.compile(loss=keras.losses.categorical_crossentropy,
optimizer=keras.optimizers.Adam(),metrics=['accuracy'])

mdl.summary()

trndt_mdl = mdl.fit(trnA, trndt_lbl,
batch_size=batch_size,epochs=epochs,verbose=1,validation_dat
a=(vldX, valid_lbl))

tsteval = mdl.evaluate(tstA, tstB_onehot, verbose=1)

print('Помилка на тестовій вибірці:', tsteval[0])
print('Точність на тестовій вибірці:', tsteval[1])

def __init__(self, inpnds, hdnnds, otpnds, lrirt):
self.inpnds = inpnds
self.hidnds = hdnnds
self.otpnnds = otpnds
self.wghtinp_hid = (numpy.random.rand(self.hidnds,
self.inpnds) - 0.5)
self.wghthdotp = (numpy.random.rand(self.otpnnds,
self.hidnds) - 0.5)

```

```

self.lr = lrrt
self.activ_func = lambda x: scipy.special.expit(x)
def trndt(self, inplst, trglst):
    inpts = numpy.array(inplst, ndmin = 2).T
    trgts = numpy.array(trglst, ndmin = 2).T
    hdinp = numpy.dot(self.wghtinp_hid, inpts)
    hdotp = self.activ_func(hdinp)
    fninp = numpy.dot(self.wghthdotp, hdotp)
    fnotp = self.activ_func(fninp)
    otperr = trgts - fnotp
    hiderr = numpy.dot(self.wghthdotp.T, otperr)
    self.wghthdotp += self.lr * numpy.dot((otperr * fnotp * (1.0
    - fnotp)), numpy.transpose(hdotp))
    self.wghtinp_hid += self.lr * numpy.dot((hiderr * hdotp *
    (1.0 - hdotp)), numpy.transpose(inpts))
def query(self, inplst):
    inpts = numpy.array(inplst, ndmin = 2).T
    hdinp = numpy.dot(self.wghtinp_hid, inpts)
    hdotp = self.activ_func(hdinp)
    fninp = numpy.dot(self.wghthdotp, hdotp)
    fnotp = self.activ_func(fninp)
    return fnotp
inpnds = 784
hdnnds = 300
otpnnds = 10
lr = 0.02
n = neuralNetwork(inpnds, hdnnds, otpnnds, lr)
trndt_datafl = open('fashnmnist\mnist_trndt.csv', 'r')
trndt_data1st = trndt_datafl.readlines()
trndt_datafl.close()
epochs = 3
for e in range(epochs):
    for record in trndt_data1st:
        alvalues = record.split(',')
        inpts = (numpy.asarray(alvalues[1:]) / 255.0 * 0.99) + 0.01
        trgts = numpy.zeros(otpnnds) + 0.01

        trgts[int(alvalues[0])] = 0.99

```

```

n.trndt(inpts, trgts)

tstdtfl = open('fashnmnist\mnist_test.csv', 'r')
tstdtflst = tstdtfl.readlines() tstdtfl.close()
alvalues = tstdtflst[515].split(',')
print(alvalues[0])
imagearray = numpy.asfarray(alvalues[1:]).reshape((28,28))
matplotlib.pyplot.imshow(imagearray,
cmap='Greys',interpolation = 'None')
n.query((numpy.asfarray(alvalues[1:]) / 255.0 * 0.99) +
0.01)
scrcard = []
for record in tstdtflst:
alvalues = record.split(',')
krktlbl = int(alvalues[0])
inpts = (numpy.asfarray(alvalues[1:]) / 255.0 * 0.99) + 0.01
outputs = n.query(inpts)
lbl = numpy.argmax(outputs)
if (lbl == krktlbl):
scrcard_array = numpy.asarray(scrcard) print ('Ефективність
= ', scrcard_array.sum() / scrcard_array.size)

```

ДОДАТОК В
Слайди презентації

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Запорізька політехніка»
Кафедра програмних засобів

Дослідження та програмна реалізація інтелектуальних методів розпізнавання одягу

Виконав

ст. гр. КНТ-214м

Вячеслав ЩЕНКО

Керівник:

к.т.н., доцент

Степан СКРУПСЬКИЙ

Рисунок В.1 – Слайд 1

Об'єкт, предмет та мета роботи

Об'єкт дослідження – процеси обчислень, пов'язані з розпізнаванням одягу за допомогою інтелектуальних методів.

Предмет дослідження – інтелектуальні методи розпізнавання одягу.

Мета роботи – дослідження та реалізація інтелектуальних методів розпізнавання одягу.

Рисунок В.2 – Слайд 2

Завдання роботи

Для досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі магістра необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати аналіз інтелектуальних методів та програмних засобів для розпізнавання одягу;
- розробити метод інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі;
- здійснити проектування програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів;
- створити програмне забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів;
- виконати тестування розробленого програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

3

Рисунок В.3 – Слайд 3

Аналіз засобів для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних обчислень

Критерій порівняння	Folio3	Cloth Recognizer	a4a Fashion
Якість розпізнавання одягу	+	+–	+
Можливість масштабування	+	+–	+–
Візуалізація результатів	+	+	+–
Простота використання	+–	+	+–
Гнучкість налаштування	+–	+–	+
Безкоштовність	–	+	–

4

Рисунок В.4 – Слайд 4

Вибір мови програмування

Критерій порівняння мов програмування	Мова програмування		
	Python	C++	Java
Швидкість розробки	+	+–	+–
Простота синтаксису	+	–	+–
Легкість інтеграції з іншими системами	+	+–	+
Зручність для створення ПЗ для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів	+	–	–
Спільнота і підтримка	+	+–	+

5

Рисунок В.5 – Слайд 5

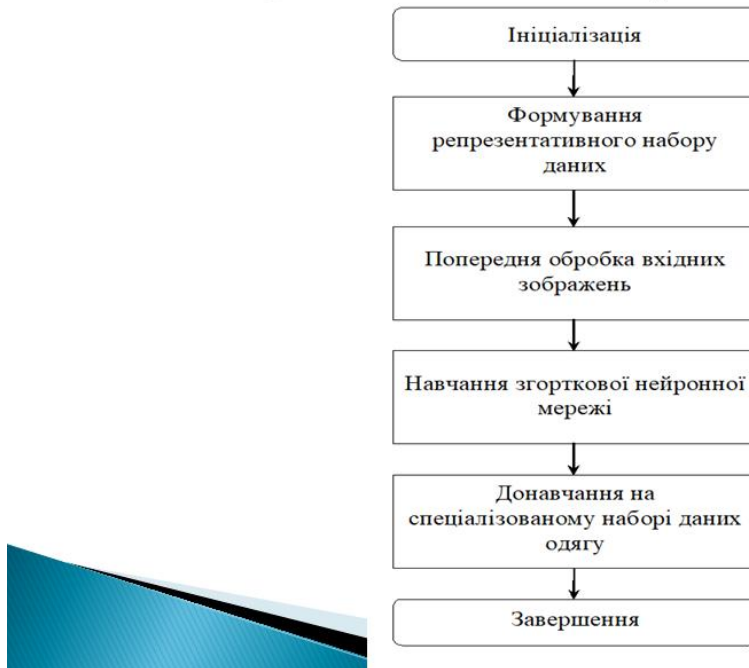
Вибір середовища розробки

Критерій порівняння середовищ розробки	Середовища розробки		
	Sublime Text	PyCharm	VS Code
Швидкість запуску і роботи	+	–	+–
Підтримка плагінів для Python	+	+	+–
Використання ресурсів системи	+	–	+–
Можливість швидкого редагування коду	+	+–	+
Зручність інтерфейсу	+	+–	+

6

Рисунок В.6 – Слайд 6

Метод інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової НМ



7

Рисунок В.7 – Слайд 7

Структура програмного забезпечення для розпізнавання одягу



8

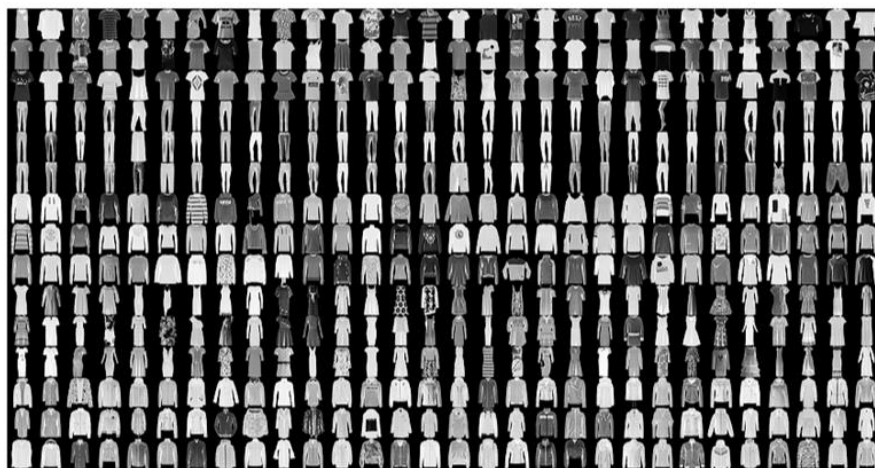
Рисунок В.8 – Слайд 8



9

Рисунок В.9 – Слайд 9

Графічне подання набору даних Fashion MNIST для синтезу згорткової нейронної мережі для розпізнавання одягу



10

Рисунок В.10 – Слайд 10

Схема процесу обробки даних Tensorflow для синтезу нейромережевої моделі для розпізнавання одягу

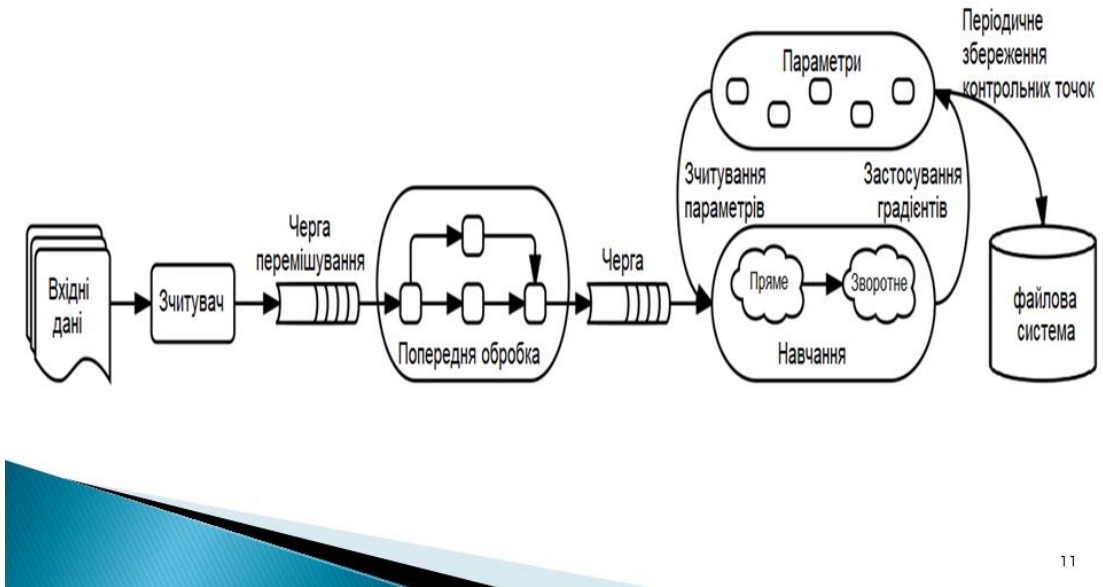


Рисунок В.11 – Слайд 11

Експерименти та результати

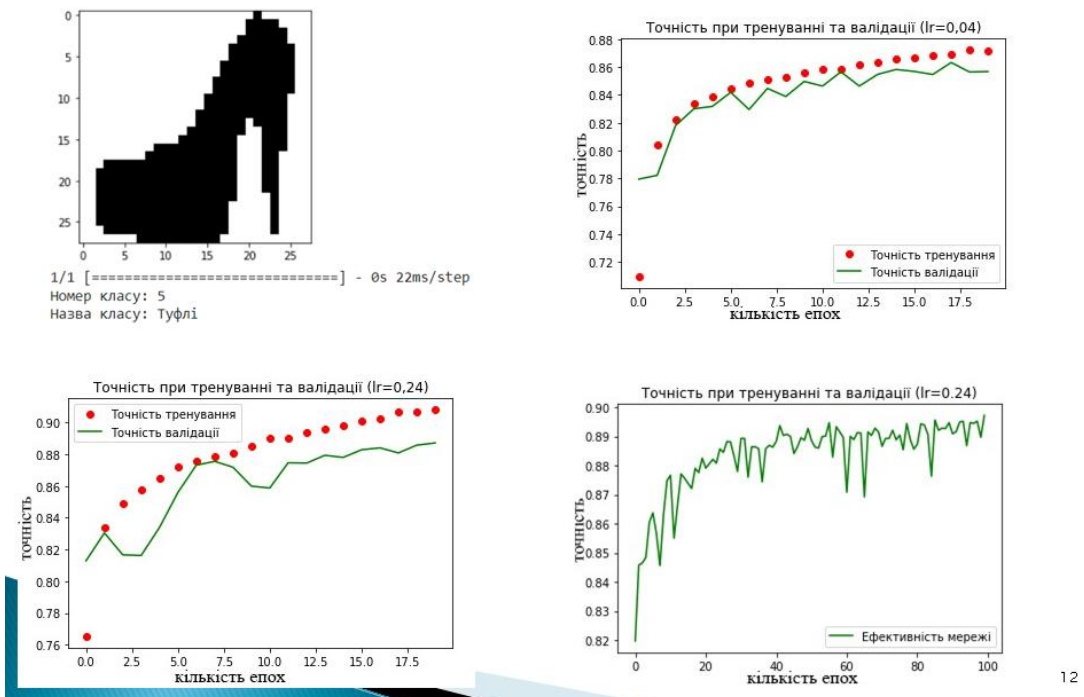


Рисунок В.12 – Слайд 12

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної кваліфікаційної роботи магістра було проаналізовано та досліджено процеси обчислень, пов'язані з розпізнаванням одягу за допомогою інтелектуальних методів.

Розв'язано всі поставлені завдання.

Новизна роботи полягає у тому, що запропоновано метод інтелектуального розпізнавання одягу на основі згорткової нейронної мережі.

Практична цінність полягає у розробленні програмного забезпечення для розпізнавання одягу на основі інтелектуальних методів.

Результати тестування підтвердили, що програма може використовуватися за призначенням.

