

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
Кафедра Комп'ютерних інтелектуальних технологій та систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Інтелектуальна комп'ютерна система для обробки тексту

Виконав:

студент II курсу, групи КІТм-22-1

Максим ЗАКАБЛУК

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Комп'ютерні інтелектуальні
технології

Керівник проф. каф. КІТС Наталія АКСАК

Допускається до захисту

Зав. кафедри

Олег РУДЕНКО

(підпис)

2023 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет	Комп'ютерної інженерії та управління
Кафедра	Комп'ютерних інтелектуальних технологій та систем
Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Спеціальність	123 Комп'ютерна інженерія
Тип програми	освітньо-професійна
Освітня програма	Комп'ютерні інтелектуальні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Закаблуку Максима Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Інтелектуальна комп'ютерна система для обробки тексту

затверджена наказом по університету від “ 03 ” листопада 2023 р. № 1290Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 13.01.2024

3. Вхідні дані до роботи _____

Обробка тексту

Нейронні мережі

Аналіз тексту на зображеннях

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____

Аналіз предметної області

Методи дослідження тексту

Розробка інтелектуальної системи аналізу тексту

Програмна реалізація системи аналізу тексту

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням кафедри)

11 слайдів

6. Консультанти розділів роботи и (п.6 включається до завдання за наявністю консультантів згідно до наказу, зазначеному у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та узгодження теми проєкту	7.11-8.11	виконано
2	Огляд стану проблеми та постановка задачі	10.11-20.11	виконано
3	Аналіз літератури за напрямком роботи	20.11-29.11	виконано
4	Аналіз алгоритмів масштабування	29.11-3.12	виконано
5	Розробка інтелектуальної системи	3.12-16.12	виконано
6	Опис роботи та її оформлення роботи	16.12-31.12	виконано
7	Підготовка графічного матеріалу	31.01-20.01	виконано
8	Перевірка виконаного проєкту керівником	21.01-24.01	виконано
9	Захист проєкту	24.01	

Дата видачі завдання 06 листопада 2023 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис) (посада, ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 60 сторінок, 16 рисунків, 1 додаток, 17 джерел.

ОБРОБКА ТЕКСТУ, ОБРОБКА ЗОБРАЖЕНЬ, МАШТАБУВАННЯ, МАШИННЕ НАВЧАННЯ, GUI, PYTHON, БЕЗПЕКА, АВТОМОБІЛЬНА СФЕРА

Метою кваліфікаційної роботи є створення інтелектуальної комп'ютерної системи для ефективної обробки текстової інформації, зосередженої на аналізі текстових даних, що ідентифікуються на дорожніх знаках та вивісках. У контексті дослідження вирішується завдання розробки точних та ефективних методів розпізнавання тексту, спрямованих на автоматизований збір та обробку інформації із великого обсягу зображень.

Об'єктом дослідження є аналіз зображень з текстовими дорожніми знаками та вивісками.

Предметом є алгоритми машинного навчання.

У роботі проаналізовано та порівняно різні застосунки зі схожим функціоналом, виявлено їх особливості та недоліки й класифіковані по роботі з текстом. Завдяки використанні мови програмування Python та основних бібліотек OpenCV, Tkinter, та easyOCR, які полегшують створення графічного інтерфейсу та обробку зображень у системі.

Без уваги не залишилося й подальше масштабування системи й можлива інтеграція з іншими застосунками, тому було створено діаграма сценаріїв використання системи у разі масштабування програми, де було додано окремі функції для покращення програми. Але інтеграція системи до іншого застосунку матиме більший результат, так як наявну інформацію можна передавати далі для обробки та використання.

ABSTRACT

Explanatory note of the qualification work: 60 pages, 16 figures, 1 appendice, 17 sources.

TEXT PROCESSING, IMAGE PROCESSING, SCALING, MACHINE LEARNING, GUI, PYTHON, SECURITY, AUTOMOTIVE INDUSTRY

The purpose of the qualification work is to create an intelligent computer system for efficient processing of textual information, focused on the analysis of textual data identified on road signs and signboards. In the context of the study, the task of developing accurate and efficient text recognition methods aimed at automated collection and processing of information from a large volume of images is being solved.

The object of the study is the analysis of images with text road signs and signboards.

The subject is machine learning algorithms.

The paper analyzes and compares various applications with similar functionality, identifies their features and disadvantages, and classifies them by text processing. The paper uses the Python programming language and the main libraries OpenCV, Tkinter, and easyOCR, which facilitate the creation of a graphical interface and image processing in the system.

The further scaling of the system and possible integration with other applications were not left without attention, so a diagram of scenarios for using the system in the case of scaling the program was created, where certain functions were added to improve the program. But integrating the system into another application will have a greater result, as the existing information can be transferred further for processing and use.

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
Кафедра Комп'ютерних інтелектуальних технологій та систем

АНОТАЦІЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

рівень вищої освіти другий (магістерський)

Інтелектуальна комп'ютерна система для обробки тексту

Виконав:

студент II курсу, групи КІТм-22-1

Максим ЗАКАБЛУК

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Комп'ютерні інтелектуальні
технології

Керівник проф. каф. КІТС Наталія АКСАК

2023 р.

АНОТАЦІЯ

Закаблук М.В. Інтелектуальна комп'ютерна система для обробки тексту.—
Магістерська кваліфікаційна робота.

Тема кваліфікаційної роботи, пов'язана з розробкою інтелектуальної комп'ютерної системи для обробки тексту на прикладі текстових дорожніх знаків та вивісок, має велику актуальність в контексті швидко розвиваючого світу сучасних технологій та інформаційних потреб суспільства.

В сучасному світі величезні обсяги інформації представлені у текстовому форматі на різноманітних зображеннях, що потребує ефективних методів автоматичного розпізнавання та обробки. Дорожні знаки та вивіски - це лише частина широкого спектру текстової інформації, яка є критично важливою для безпеки на дорогах, організації транспортного потоку та забезпечення комфорту в умовах міського середовища. Отже, розробка інтелектуальних систем, здатних аналізувати та розпізнавати текст на дорожніх знаках та вивісках, стає ключовою для покращення безпеки та оптимізації дорожнього руху.

Застосування інтелектуальних алгоритмів для аналізу тексту на зображеннях має великий потенціал у різних сферах. Наприклад, в автомобільній індустрії системи розпізнавання тексту можуть слугувати для покращення систем управління автотранспортом, автоматичного розпізнавання та інтерпретації дорожніх знаків для допомоги водіям, попередження їх про небезпечні ситуації та аварійні обставини.

У магістерській кваліфікаційній роботі вирішено актуальну проблему розробки інтелектуальної комп'ютерної системи для обробки текстових дорожніх знаків та вивісок.

Метою даної роботи є розробка інтелектуальної комп'ютерної системи для обробки текстових дорожніх знаків та вивісок.

Об'єктом дослідження є процес розробки інтелектуальної комп'ютерної системи для обробки текстових дорожніх знаків та вивісок

Предметом дослідження є інтелектуальна комп'ютерна система для обробки

тексту.

Методи дослідження. Штучні нейронні мережі, методи аналізу тексту, методи побудови інтелектуальних обчислювальних систем, методи системного аналізу.

Наукова новизна магістерської роботи виявляється у ряді аспектів:

- Робота вирізняється тим, що вона успішно поєднує штучні нейронні мережі, методи аналізу тексту, методи побудови інтелектуальних обчислювальних систем та методи системного аналізу. Такий комплексний підхід дозволяє створити систему, яка ефективно працює в реальних умовах.

- Застосування самооптимізуючих алгоритмів для адаптації до різних умов та варіацій текстової інформації на дорожніх знаках є інноваційним підходом, що підвищує точність та стабільність розпізнавання.

- Використання методів системного аналізу дозволяє створити комплексну систему, яка може бути легко інтегрована в різноманітні середовища та сприяти покращенню безпеки на дорогах.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблена інтелектуальна комп'ютерна система може бути використана для автоматизованого розпізнавання та аналізу інформації на дорожніх знаках та вивісках. Це може призвести до покращення систем безпеки на дорогах, оптимізації управління дорожнім рухом та зменшення інцидентів через ефективну обробку текстової інформації. Крім того, система може знайти застосування в різних галузях, таких як транспорт, логістика та міське планування, що робить отримані результати важливими для практичного впровадження.

У першому розділі розглянуто актуальність та проблеми, пов'язані з існуючими методами розпізнавання, розуміння та синтезу тексту на фотографіях. Зокрема, зазначено, що хоча існують різні додатки та програми, спрямовані на цільове використання, такі як переклад, аналіз емоцій, та створення субтитрів, інтеграція цих рішень у різні сфери застосування залишається обмеженою. Проаналізовано відомі програмні рішення, такі як Microsoft Translator, Amazon Rekognition, Google Cloud Vision, та інші, які демонструють можливості розпізнавання та розуміння тексту на фотографіях. Однак, зазначено, що існує значний потенціал для подальших

досліджень і вдосконалення методів обробки тексту з фотографій, особливо у контексті розширення його застосувань в різних сферах, від інтелектуальних транспортних систем до навчальних інструментів та інших областей.

У другому розділі були досліджені методи частотного аналізу тексту, які дозволяють отримати важливі відомості щодо структури, стилю та характеристик текстів. Починаючи з аналізу частоти вживання окремих літер, де реалізація використовувала мову Python для визначення повторюваності літер і структурних особливостей тексту.

Далі в розділі було введено поняття біграм і розглянуто методи їхнього частотного аналізу. Зокрема, використання біграм дозволяє вивчати пари сусідніх слів та розуміти, як вони взаємодіють у конкретному контексті тексту. Показано приклади реалізації частотного аналізу біграм у Python та зроблено висновки щодо інформації, яку можна отримати за допомогою цього методу.

Загалом, аналіз другого розділу підкреслив важливість статистичного аналізу тексту в різних областях, включаючи лінгвістику, криптографію та інші сфери, де розуміння структури та взаємозв'язків у текстах є вирішальним. Ці методи не лише дозволяють визначити стиль написання, але і можуть бути використані для розкриття тематики, ключових слів, а також емоційного забарвлення тексту.

У третьому розділі пропонується систематичний підхід до аналізу тексту, який включає кілька ключових етапів. По-перше, важливим є отримання або збір текстових даних з різних джерел, таких як документи, веб-сторінки, соціальні мережі та інші. Після цього необхідно провести попередню обробку тексту, виключивши непотрібну інформацію, таку як HTML-теги, пунктуація та стоп-слова. Лематизація та токенизація дозволяють підготувати текст для подальшого аналізу.

Далі в роботі визначається частота вживання слів у тексті, що допомагає виділити ключові терміни та теми. Особливу увагу приділяють виявленню найважливіших та найрепрезентативніших слів або фраз, які вказують на основний зміст тексту. Крім того, проводиться визначення емоційного забарвлення тексту, що може бути особливо важливим для відгуків та аналізу соціальних мереж.

Наступним етапом є виявлення та класифікація іменованих сутностей, таких як

імена, місця та дати. Це розширює спектр аналізу, дозволяючи враховувати конкретні елементи інформації. Визначення теми чи категорії тексту за допомогою класифікаційних моделей є ще одним кроком у вдосконаленні аналітичного процесу.

Необхідно також досліджувати семантичні зв'язки та взаємозв'язки між словами та фразами в тексті. Це розкриває глибину змісту та може виявити додаткові аспекти аналізу.

Систематичний підхід завершується спробою визначити мету аналізу та формулювання висновків на основі отриманих результатів. Представлення результатів у вигляді графіків, діаграм, хмар слів або інших візуальних елементів робить аналіз більш доступним та зрозумілим. Здобуті висновки використовуються для прийняття рішень або планування подальших дій.

Четвертий розділ присвячений моделюванню програмної реалізації системи аналізу тексту, яка включає в себе не лише опис програмного забезпечення, але й глибокий аналіз функціоналу додатку та його організацію. У цьому розділі висвітлено ключові аспекти роботи додатку "Text Recognition", такі як вибір зображення, аналіз тексту, автоматичний ресайз зображення, технологія OCR, та інші. Позитивні сторони функціоналу включають зручний вибір зображення, ефективний аналіз тексту за допомогою бібліотеки EasyOCR, та інтуїтивний графічний інтерфейс. З іншого боку, вказано на деякі недоліки, такі як динамічний масштаб зображення та спрощений процес аналізу тексту, які можуть потребувати уваги та вдосконалення у майбутньому.

Аналіз функціоналу також розкриває, що додаток демонструє деякі позитивні аспекти, такі як зручний вибір зображення та графічний інтерфейс, які сприяють легкому використанню. Негативи, такі як динамічний масштаб зображення та спрощений процес аналізу тексту, хоча відзначені, але не є критичними зауваженнями. Позитиви переважають, роблячи додаток ефективним та зручним інструментом для взаємодії з текстом на зображеннях.

Загалом, четвертий розділ вказує на те, що система "Text Recognition" вже є добре функціонуючим інструментом, проте залишає простір для подальших вдосконалень та масштабування, особливо у контексті подальшого розвитку системи.

TEXT PROCESSING, IMAGE PROCESSING, SCALING, MACHINE LEARNING, GUI, PYTHON, SECURITY, AUTOMOTIVE INDUSTRY

Публікації здобувача за темою роботи:

1. Н. Сердюк, М. Закаблук. Аналіз згорткових та капсульних нейронних мереж Scientific Collection «InterConf», 2022, (138), 411–415. <https://archive.interconf.center/index.php/conference-proceeding/article/view/2105>

2. Закаблук М. В., Шевченко О.Т., Мовсесян Я. С. Класифікація методів корекції сигналу для систем автоматичного розпізнавання мовлення. III міжнародна науково-технічна конференція «Комп'ютерні та інформаційні системи і технології». Збірник наукових праць. Харків: ХНУРЕ. 2019. с. 44.

3. Закаблук М. В. Проблема контексту в процесі машинного перекладу. Матеріали III Всеукраїнської студентської наукової конференції, м.Харків, 19 травня, 2023 рік / ГО «Молодіжна наукова ліга».— Вінниця: ГО«Європейська наукова платформа», 2023.

Список праць наукового керівника за темою магістерської роботи:

1. Аксак Н. Г. Паралельна нейрообробка великих даних у розподіленому середовищі на основі MapReduce. *Інформаційні технології: сучасний стан та перспективи*: монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. - Х.: Тов. "ДІСА ПЛЮС", 2018. - С. 325-340.

2. Axak N. Cloud-fog-dew Architecture for Personalized Service-oriented Systems. *The 9th IEEE International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT'2018*, Kyiv, Ukraine – 2018. – P. 80–84.

Axak N., Korablyov M., Rosinskiy D. MapReduce Hadoop Models for Distributed Neural Network Processing of Big Data Using Cloud Services / *Advances in Intelligent Systems and Computing IV*. / Editors: Shakhovska, Natalya; Medykovskyy, Mykola O., Springer, 2019. – pp. 387 – 400

ЗМІСТ

Вступ	15
1 Аналіз предметної області	16
1.1 Актуальність розробки систем для обробки тексту	16
1.2 Область застосування комп'ютерних системи обробки тексту	17
1.3 Постановка задачі	18
1.4 Аналіз існуючих рішень	19
1.4.1 Розпізнавання тексту з фотографій	23
1.4.2 Розуміння тексту з фотографій	24
1.4.3 Синтез тексту з фотографій	25
2 Методи дослідження тексту	27
2.1 Огляд методів дослідження тексту	27
2.2 Частотний аналіз тексту	29
2.3 Частотний аналіз тексту за допомогою біграм	32
3 Розробка інтелектуальної системи аналізу тексту	36
3.1 Організація модулів системи аналізу тексту	36
3.2 Структура та шлях аналізу тексту	40
3.3 Основні архітектурні компоненти системи	41
3.4 Мова програмування та використані модулі	41
3.4.1 Модуль tkinter	43
3.4.2 Модуль cv2	43
3.4.3 Модуль easyocr	43
3.4.4 Модуль PIL	43
3.4.5 Модуль messagebox	44
4 Програмна реалізація системи аналізу тексту	45
4.1 Опис програмного забезпечення	45
Основні функціональність та інтерфейс	45
4.2 Аналіз функціоналу додатку	46

4.3 Організація функціоналу додатку	47
Висновки	52
Перелік використаних джерел	53
Додаток А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи	П

омилка! Закладку не визначено.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

GUI – графічний інтерфейс

ООП – об'єктно-орієнтоване програмування

OCR – Optical Character Recognition

МН – машинне навчання

ШІ – штучний інтелект

API – інтерфейс програмування застосунків

CSV – текстовий формат, призначений для подання табличних даних

HMSTR – автоматизація розпізнавання семантичного тексту, позначеного
вручну

STR – підхід на основі модифікованого розпізнавання тексту сцени

ВСТУП

У сучасному світі стрімкого розвитку інформаційних технологій, виникає нагальна потреба у подальшому вдосконаленні систем обробки тексту за допомогою інтелектуальних комп'ютерних систем. Задачі і вимоги, пов'язані з аналізом текстових даних, представлених на зображеннях, таких як дорожні знаки та вивіски, потребують ефективних та точних рішень. Використання інтелектуальних алгоритмів може значно полегшити процеси управління та моніторингу на дорогах, підвищуючи безпеку та оптимізуючи дорожні потоки.

Основною метою даної кваліфікаційної роботи є створення інтелектуальної комп'ютерної системи для ефективної обробки текстової інформації, зосередженої на аналізі текстових даних, що ідентифікуються на дорожніх знаках та вивісках. У контексті дослідження вирішується завдання розробки точних та ефективних методів розпізнавання тексту, спрямованих на автоматизований збір та обробку інформації із великого обсягу зображень.

З метою досягнення поставленої мети використовуються сучасні інструменти програмування, зокрема, мова програмування Python та бібліотеки, такі як tkinter, Pillow та інші. Значущим аспектом є інтеграція інтелектуальних алгоритмів в інтерфейс користувача через графічний інтерфейс (GUI), що надає системі більшу доступність для різних користувачів.

У дані кваліфікаційній роботі розглянуті конкретні деталі реалізації інтелектуальної системи для обробки тексту, а також представлені результати експериментів та їх ретельний аналіз. Особлива увага буде приділена вдосконаленню системи для забезпечення її широкого застосування в різних сферах, де розпізнавання тексту може внести значний внесок у вдосконалення процесів інформаційного управління та забезпечення безпеки..

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Актуальність розробки систем для обробки тексту

Тема кваліфікаційної роботи, пов'язана з розробкою інтелектуальної комп'ютерної системи для обробки тексту на прикладі текстових дорожніх знаків та вивісок, має велику актуальність в контексті швидко розвиваючого світу сучасних технологій та інформаційних потреб суспільства.

В сучасному світі величезні обсяги інформації представлені у текстовому форматі на різноманітних зображеннях, що потребує ефективних методів автоматичного розпізнавання та обробки. Дорожні знаки та вивіски - це лише частина широкого спектру текстової інформації, яка є критично важливою для безпеки на дорогах, організації транспортного потоку та забезпечення комфорту в умовах міського середовища. Отже, розробка інтелектуальних систем, здатних аналізувати та розпізнавати текст на дорожніх знаках та вивісках, стає ключовою для покращення безпеки та оптимізації дорожнього руху.

Застосування інтелектуальних алгоритмів для аналізу тексту на зображеннях має великий потенціал у різних сферах. Наприклад, в автомобільній індустрії системи розпізнавання тексту можуть слугувати для покращення систем управління автотранспортом, автоматичного розпізнавання та інтерпретації дорожніх знаків для допомоги водіям, попередження їх про небезпечні ситуації та аварійні обставини.

Додатково, в сфері міського планування і транспортної інфраструктури системи розпізнавання тексту можуть бути використані для аналізу та збору даних про використання пішохідних та автомобільних шляхів, а також для моніторингу та аналізу трафіку, що є ключовим для вирішення проблем міської транспортної інфраструктури.

Такі системи мають потенціал і в інших сферах, таких як безпека та відеоспостереження, архітектурне проектування та маркетингові дослідження. Забезпечення автоматизованого аналізу тексту на зображеннях відкриває шлях до

більш ефективного та точного збору даних, що стає дуже важливим у цифровій епохи, де велика кількість інформації надходить у вигляді зображень.

Отже, розробка інтелектуальних систем для обробки тексту на зображеннях, зокрема на дорожніх знаках та вивісках, має великий потенціал для подальшого використання у важливих сферах, де автоматизоване розпізнавання та обробка тексту стає критичним елементом для забезпечення безпеки, комфорту та ефективності.

1.2 Область застосування комп'ютерних системи обробки тексту

Інтелектуальна обробка тексту охоплює широкий спектр важливих сфер індустрії та громадського життя, де розпізнавання та обробка тексту на зображеннях може мати значущий вплив. Передусім, ця технологія виявляється корисною в автомобільній сфері, міському плануванні, безпеці, транспортному менеджменті та в інших ключових галузях.

Автомобільна індустрія: системи розпізнавання тексту можуть бути використані для поліпшення автоматизованого водіння та безпеки на дорогах. Розпізнавання дорожніх знаків, вивісок та текстової інформації може надавати водіям необхідну інформацію та допомагати в управлінні автотранспортом, щоб забезпечити оптимальний рух та уникнути небезпечних ситуацій.

Міське планування і транспортна інфраструктура: системи розпізнавання тексту можуть бути використані для збору даних про трафік, пішохідні та автомобільні шляхи, а також для моніторингу використання простору в містах. Це може допомогти в організації ефективного транспортного потоку, плануванні інфраструктурних проектів та вдосконаленні громадського транспорту.

Безпека і відеоспостереження: застосування систем розпізнавання тексту в галузі безпеки може включати в себе автоматичне виявлення та аналіз підозрілих об'єктів чи поведінки на відеозаписах. Це може допомогти в реагуванні на потенційні загрози та вдосконаленні систем відеоспостереження в громадських та комерційних просторах.

Маркетинг та аналіз споживчого ринку: в галузі маркетингу та досліджень

споживчого ринку системи розпізнавання тексту можуть використовуватися для аналізу текстової інформації на зображеннях товарів та рекламних матеріалах. Це дозволяє автоматизувати збір даних та вдосконалити стратегії маркетингових кампаній.

Технічна документація та робоче оточення: у сферах інженерії та виробництва, де існує велика кількість технічної документації та текстової інформації, системи розпізнавання тексту можуть полегшити пошук та аналіз необхідної інформації для покращення ефективності робочих процесів.

Освіта та навчання: в галузі освіти системи розпізнавання тексту можуть бути використані для автоматичного перевірки та аналізу навчальних матеріалів, а також для розпізнавання тексту на навчальних зображеннях. Це може сприяти розвитку автоматизованих систем навчання та навчальних платформ.

Загальна область застосування цієї технології великою мірою сприяє розвитку інтелектуальних систем, які мають потенціал трансформувати різні галузі та вдосконалювати якість життя громадян. Такі системи володіють великим потенціалом у вирішенні викликів, пов'язаних із зростанням міських популяцій, розширенням транспортних систем і підвищенням стандартів безпеки та комфорту.

1.3 Постановка задачі

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка інтелектуальної комп'ютерної системи для обробки текстових дорожніх знаків та вивісок.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати такі завдання:

–Розробити графічний інтерфейс, який дозволить користувачеві вибирати та завантажувати зображення з дорожніми знаками та вивісками. GUI повинен бути інтуїтивно зрозумілим та забезпечувати можливість взаємодії з інтелектуальною системою.

–Розробити алгоритми обробки та аналізу текстової інформації на зображеннях. Це включає в себе розпізнавання тексту, визначення положення та типу дорожнього знаку чи вивіски, а також врахування можливих спотворень зображень.

–Забезпечити інтеграцію розроблених алгоритмів у створений графічний інтерфейс. Це включає передачу зображення на обробку, відображення результатів розпізнавання та можливість взаємодії з отриманою інформацією.

–Провести тестування розроблених алгоритмів на різних наборах тестових зображень для підтвердження ефективності та точності розпізнавання тексту та інших елементів.

–Зробити аналіз отриманих результатів, визначення переваг та недоліків розробленої системи.

Виконання цих завдань дозволить створити комп'ютерну систему, яка може ефективно та точно розпізнавати текстову інформацію на зображеннях дорожніх знаків та вивісок, що має потенціал застосування в різних сферах для поліпшення безпеки, організації транспортного потоку та оптимізації інших аспектів повсякденного життя.

1.4 Аналіз існуючих рішень

Автоматизоване розпізнавання тексту відіграє вирішальну роль в обробці паперових документів [1] і виявленні текстової інформації в різних типах зображень, таких як дорожні знаки та рекламні щити на природних сценах [2 , 3] , рукописні нотатки [4] та ідентифікатори на діаграмах [5] . Серед різноманітних завдань розпізнавання тексту це дослідження зосереджено на автоматизованому розпізнаванні семантичного тексту, позначеного вручну (HMSTR) із фотографій. Семантичний текст, позначений вручну, стосується «семантичного тексту» на зображенні, позначеного намальованим від руки колом або галочкою, щоб вказати його важливість або вибір. Семантичний текст зазвичай складається з рядка символів, який передає семантичну інформацію [6] . Наприклад, «кухня» вважається семантичним текстом, тоді як «lorem ipsum» — ні. Однак семантичний текст не обмежується загальними словами чи фразами: він може включати символи, цифри або аббревіатури, які мають певне значення залежно від контексту. Наприклад, у контексті фільму «Зоряні війни» «R2D2» має важливе значення як назва моделі

робота. Так само в архітектурному контексті «R2» і «D2» можуть означати «Спальню 1» і «Їдальню 2» відповідно.

В роботі [7] дослідили три методи автоматизації розпізнавання семантичного тексту, позначеного вручну (HMSTR) — підхід на основі модифікованого розпізнавання тексту сцени (STR), двоетапний підхід HMSTR і зосереджений підхід. Підхід STR передбачає визначення місцезнаходження позначеного тексту за допомогою моделі виявлення об'єктів і його розпізнавання за допомогою моделі STR, яка перемогла в конкурсі. Подібним чином двоетапний підхід HMSTR спочатку локалізує позначений текст, а потім розпізнає семантичний текст за допомогою моделі класифікації зображення. Навпаки, зосереджений підхід виконує як локалізацію, так і ідентифікацію позначеного семантичного тексту за один крок за допомогою виявлення об'єктів.

Завдання виявлення особистих фотографій є складним з точки зору пошуку ефективного рішення через властиву їй суб'єктивність. У документі [8] передбачається, що персональні дані містять конфіденційну текстову інформацію та зображення користувача, його близьких друзів і родичів. Це припущення дозволяє точно виділяти особисті фотографії та накладати обмеження на їх обробку. Для виділення таких даних у поточній роботі запропоновано новий підхід. Пропонується використовувати текстовий детектор EAST і розпізнавати текст у виявлених областях за допомогою бібліотеки Tesseract OCR для класифікації сканованих документів. Експериментально показано, що проста повнозв'язана нейронна мережа для тексту, закодованого за допомогою пакета слів [9], перевищує більш ніж на 10% більш складні мережеві архітектури, такі як CNN, і досягає високої точності виявлення особистих документів. Крім того, агломеративна кластеризація зі зваженим зв'язком показала кращі результати при вилученні груп облич користувачів, друзів і родичів.

Стаття [10] призначена для розробки нового розпізнавання тексту за допомогою цифрових зображень, зроблених будь-якою камерою з набором різної щільності пікселів. У цьому документі представлено стратегію класифікації логічного тексту (LTCS) для ефективного процесу розпізнавання тексту за допомогою цифрових зображень. Запропонований LTCS обробляє вхідне зображення на основі певних

характеристик, таких як: попередня обробка зображення, сегментація зображення, виділення ознак, принцип класифікації та постобробка зображення. Це всі різні етапи обробки запропонованого підходу до розпізнавання тексту. Для програм індексування інформації та пошуку символи в документі, імплантовані в зображення, є цінним джерелом даних. Крім того, через унікальні розміри, справжні значення градації сірого та безлад на фоні ці текстові слова/символи важче ідентифікувати та розпізнати. У цьому документі аналізуються підходи до розробки інтегрованого інструменту реалізації для класифікації та розпізнавання тексту, прихованого в цифрових зображеннях, який має будь-яке значення сірої шкали. У такому процесі важливі два основні міркування, такі як ідентифікація тексту та розпізнавання тексту, обидва ці емпіричні методи обробки зображень і підходи кількісної класифікації досліджуються в цій статті.

Розуміння навколишнього середовища є одним із основних завдань інтелектуальних транспортних систем (ITS), особливо в непередбачуваних сценах водіння або в регіонах/містах, що розвиваються без цифрових карт. Перегляд вулиць - найпоширеніша сцена під час водіння. Оскільки вулиці часто заповнені магазинами з вивісками, розпізнавання тексту сцени поверх зображень вивіски магазину на вулицях має велике значення та корисність для розуміння міської сцени в ITS. Щоб просувати дослідження в цій галузі, в [11] створюють ShopSign, який є великомасштабним набором текстових даних сцени китайських торгових вивісок у вигляді вулиць. Він містить 25 770 зображень природної сцени та 267 049 текстових екземплярів. Зображення в ShopSign були зняті в різних сценах, від центру міста до регіонів, що розвиваються, а також у 8 провінціях і 20 містах Китаю за допомогою понад 50 різних мобільних телефонів. Він дуже рідкісний і незбалансований за своєю природою. Також проведено комплексне емпіричне дослідження продуктивності найсучасніших алгоритмів читання тексту сцени на основі DL на ShopSign і трьох інших китайських наборах текстових даних сцени, які раніше не розглядалися в літературі. За допомогою порівняльного аналізу продемонстровано, що мова має вирішальний вплив на виявлення тексту сцени. Крім того, порівнюючи точність чотирьох алгоритмів розпізнавання тексту сцени, показано, що існує дуже великий

простір для подальшого вдосконалення розпізнавання тексту перегляду вулиць, щоб відповідати реальним додаткам ITS.

Текстові зображення з низькою роздільною здатністю часто можна побачити в природних сценах, таких як документи, зняті мобільними телефонами. Розпізнати текстові зображення з низькою роздільною здатністю складно, оскільки вони втрачають детальну інформацію про вміст, що призводить до низької точності розпізнавання. Інтуїтивно зрозумілим рішенням є впровадження методів надроздільності (SR) як попередньої обробки. Однак попередні методи надвисокої роздільної здатності одного зображення (SISR) навчаються на синтетичних зображеннях із низькою роздільною здатністю (наприклад, бікубічне зменшення дискретизації), що є простим і непридатним для справжнього розпізнавання тексту з низькою роздільною здатністю. З цією метою в [12] пропонується набір даних SR реального тексту сцени, який називається TextZoom. Він містить парні реальні зображення з низькою та високою роздільною здатністю, які знімаються камерами з різною фокусною відстанню в дикій природі

В [13] було розроблено навчальну діяльність із засвоєння словникового запасу та розроблено навчальну систему, що включає технологію розпізнавання зображення в текст для підтримки цієї діяльності. Перевірено ефективність системи щодо полегшення засвоєння словникового запасу. Також було досліджено сприйняття учнями цього інструменту та можливостей системи для оволодіння словниковим запасом.

Серед вмісту, який поширюється в Інтернеті, графічний вміст є важливим засобом передачі іміджу місця призначення. При ретельному аналізі спроектованих і отриманих зображень методологічна проблема полягає в перетворенні графічних зображень (фото) в елементи, які можна аналізувати. У попередніх дослідженнях часто використовувалися якісні методи, такі як ручне кодування [15] або використовувалися текстові елементи, такі як теги користувача [16], для перекодування візуального вмісту в текст і числа для представлення та оцінки графічного змісту. Розглядаючи прогнозований і отриманий TDI Лос-Анджелеса, у дослідженні [17] використовується розширений алгоритм машинного навчання для

вилучення пар прикметник–іменник (ANP) з онлайн-фотографій, що представляють когнітивні та емоційні елементи зображення, відображені на кожній фотографії. Елементи зображення та їхні зв'язки, отримані з UGC, потім застосовуються для побудови семантичної мережі, що представляє отриманий образ у колективній пам'яті туристів. Оцінки центральності елементів зображення, які передають розташування елементів у структурі ядро–периферія мережі зображень, потім використовуються для інформування про вибір фотографій DMO та проекцію зображення.

В роботах [17-19] досліджуються методи обробки текстових даних у розподілених середовищах з використанням нейронних мереж.

Для пошуку вже наявних рішень теми моєї кваліфікаційної роботи, було виділено 3 види рішень:

- розпізнавання тексту з фотографій;
- розуміння тексту з фотографій;
- синтез тексту з фотографій.

1.4.1 Розпізнавання тексту з фотографій

Система розпізнавання тексту з фотографій використовує комп'ютерний зір для розпізнавання тексту, який написаний на фотографіях. Система може бути використана для різних цілей, таких як переклад, створення субтитрів і каталогізація документів.

Система може використовуватися для перекладу тексту з однієї мови на іншу. Наприклад, система може використовуватися для перекладу тексту на фотографії з англійської на українську.

Система може використовуватися для створення субтитрів для відео. Наприклад, система може використовуватися для створення субтитрів для відео, яке написано мовою, яку ви не розумієте.

Система може використовуватися для каталогізації документів. Наприклад, система може використовуватися для каталогізації документів у бібліотеці.

Прикладами таких додатків або програм є:

Додаток для Android і iOS, який використовує комп'ютерний зір для розпізнавання тексту з фотографій. Додаток може використовуватися для перекладу тексту, створення субтитрів і каталогізації документів.

Microsoft Translator – це додаток для Android і iOS, який використовує машинний переклад для перекладу тексту з однієї мови на іншу. Додаток також може використовуватися для розпізнавання тексту з фотографій.

Amazon Rekognition – це послуга від Amazon Web Services, яка використовує комп'ютерний зір для розпізнавання тексту з фотографій. Додаток може використовуватися для різних цілей, таких як переклад, створення субтитрів і виявлення об'єктів.

1.4.2 Розуміння тексту з фотографій

Система розуміння тексту з фотографій використовує комп'ютерний зір і обробку природної мови для розуміння тексту, який написаний на фотографіях. Система може бути використана для таких цілей, як аналіз емоцій, виявлення об'єктів і витягування інформації:

Аналіз емоцій: система може використовуватися для аналізу емоцій, які виражаються на фотографії. Наприклад, система може використовуватися для визначення того, чи людина на фотографії щаслива, сумна чи злий.

Виявлення об'єктів: система може використовуватися для виявлення об'єктів, які зображені на фотографії. Наприклад, система може використовуватися для визначення того, чи на фотографії зображений собака, кіт чи автомобіль.

Витягування інформації: система може використовуватися для витягування інформації з тексту, який написаний на фотографії. Наприклад, система може використовуватися для визначення того, чи на фотографії зображений номер телефону або адреса.

Прикладами таких додатків або програм є:

Google Cloud Vision: це послуга від Google Cloud Platform, яка використовує

комп'ютерний зір і обробку природної мови для розуміння тексту з фотографій. Додаток може використовуватися для таких цілей, як аналіз емоцій, виявлення об'єктів і витягування інформації.

Microsoft Azure Computer Vision: це послуга від Microsoft Azure, яка використовує комп'ютерний зір і обробку природної мови для розуміння тексту з фотографій. Додаток може використовуватися для таких цілей, як аналіз емоцій, виявлення об'єктів і витягування інформації.

Amazon Rekognition: це послуга від Amazon Web Services, яка використовує комп'ютерний зір і обробку природної мови для розуміння тексту з фотографій. Додаток може використовуватися для таких цілей, як аналіз емоцій, виявлення об'єктів і витягування інформації.

1.4.3 Синтез тексту з фотографій

Система синтезу тексту з фотографій використовує комп'ютерний зір і обробку природної мови для створення тексту, який відповідає зображенню на фотографії. Система може бути використана для таких цілей, як створення заголовків, описів продуктів і рекламних слоганів.

Ось приклад роботи системи синтезу тексту з фотографій:

Створення заголовків: система може використовуватися для створення заголовків для статей або веб-сайтів. Наприклад, система може використовуватися для створення заголовка для статті про новий продукт.

Описи продуктів: система може використовуватися для створення описів продуктів для веб-сайтів або каталогів. Наприклад, система може використовуватися для створення опису нового телефону.

Рекламні слогани: система може використовуватися для створення рекламних слоганів для продуктів або послуг. Наприклад, система може використовуватися для створення рекламного слогана для нового автомобіля.

Прикладами таких додатків або програм є:

Google Cloud Natural Language API: це послуга від Google Cloud Platform, яка

використовує обробку природної мови для створення тексту. Додаток може використовуватися для таких цілей, як створення заголовків, описів продуктів і рекламних слоганів.

Microsoft Azure Text Analytics: це послуга від Microsoft Azure, яка використовує обробку природної мови для створення тексту. Додаток може використовуватися для таких цілей, як створення заголовків, описів продуктів і рекламних слоганів.

Amazon Comprehend: це послуга від Amazon Web Services, яка використовує обробку природної мови для створення тексту. Додаток може використовуватися для таких цілей, як створення заголовків, описів продуктів і рекламних слоганів.

Ці додатки є лише деякими прикладами того, як обробка тексту з фотографій може бути використана в різних сферах. Обробка тексту з фотографій є відносно новою областю досліджень, але вона має потенціал для широкого спектра застосувань.

Можна зробити наступні висновки, що існуючі рішення для вирішення теми роботи вже є в наявності, але їх інтеграція у різні сфери життя є мінімальною. Сам напрям обробки тексту з фотографії є новою та актуальною областю дослідження, тим паче напрямки використання добутих даних можуть бути досить різними.

2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕКСТУ

2.1 Огляд методів дослідження тексту

Метод дослідження тексту - це підхід або набір стратегій, які використовуються для вивчення та аналізу текстів. Існує багато різних методів дослідження тексту, оскільки вони можуть залежати від конкретного контексту або цілей дослідження. Деякі з загально вживаних методів включають:

Літературний аналіз – вивчення структури, стилю, мовленнєвих прийомів та інших аспектів тексту.

Лінгвістичний аналіз – дослідження мовної структури, граматики, семантики та інших лінгвістичних елементів тексту.

Семіотичний аналіз – аналіз використання символів та знаків у тексті, а також їхню взаємодію та значення.

Контент-аналіз – кількісний або якісний аналіз конкретних елементів тексту для виявлення закономірностей чи певних характеристик.

Герменевтика – вивчення інтерпретації тексту та розуміння його значення через призму контексту та культурного контексту.

Дискурс-аналіз – дослідження мовних конструкцій та їхніх ролей у створенні сенсу та спілкуванні.

Методи дослідження тексту використовуються з метою отримання глибшого розуміння текстів та вивчення різних аспектів мовленнєвої діяльності. Застосування цих методів може мати різні цілі залежно від контексту дослідження, області знань та наукового напрямку.

Методи дослідження тексту дозволяють досліджувати зміст та ідеї, які містяться в текстах. Це може бути корисно в літературному аналізі, філософських дослідженнях, наукових статтях та інших контекстах.

Використання методів літературного та лінгвістичного аналізу дозволяє вивчати стиль письма, мовленнєві прийоми, використання лексики та граматичні

конструкції в текстах.

Дослідження текстів може допомагати розкрити аспекти культурного та історичного контексту, що оточує деякий текст. Це особливо важливо в герменевтиці та літературних студіях.

Методи контент-аналізу дозволяють визначити та вивчити конкретні елементи тексту, такі як ключові слова, теми, терміни тощо.

Дискурс-аналіз використовується для вивчення мовленнєвих конструкцій та їхньої ролі в суспільному взаємодії, а також аналізу використання мовних засобів в політичних, соціальних чи медійних контекстах.

Семіотичний аналіз дозволяє вивчати семантику, значення та використання символів у текстах.

В магістерській роботі акцент робиться на розпізнаванні тексту на зображеннях (OCR - Optical Character Recognition) — це процес автоматичного визначення та перетворення тексту, який міститься на зображеннях або відео, в електронний текст, який можна обробляти комп'ютерами. Існує кілька методів, які використовуються для розпізнавання тексту на зображеннях.

Зображення перетворюється у двохкольорове (чорно-біле), щоб легше визначити контур тексту. Визначення меж символів та словесних одиниць для подальшого аналізу.

Усунення непотрібних елементів, які можуть заважати процесу розпізнавання. Використання навчальних наборів для навчання моделей розпізнавання тексту. Застосування глибоких нейронних мереж для автоматичного визначення та класифікації текстових елементів на зображеннях.

Методи Оптичного Розпізнавання Ліній (OCR Engines) – використання спеціалізованих програмних засобів, таких як Tesseract, Abbyy FineReader, Google Cloud Vision API тощо.

Ці системи використовують комбінацію методів обробки зображень та машинного навчання для ефективного розпізнавання тексту на різних типах зображень.

2.2 Частотний аналіз тексту

Під час виконання роботи нами було реалізовано частотний аналіз тексту, який дозволяє простежити стиль написання тексту та основі його закономірності (рис. 2.1.).



Рисунок 2.1 – Приклад дорожньої вивіски

Кількість різних літер в кожній мові обмежена і літери можуть бути просто перераховані, в тому числі і в українській мові. Важливими характеристиками тексту є повторюваність букв, біграм і взагалі n-грам сполучуваність букв один з одним, чергування голосних і приголосних і деякі інші. Ці характеристики є досить стійкими.

Реалізація полягала в підрахунку чисел входжень кожної можливої m-грами в досить довгих відкритих текстах $T = t_1 t_2 \dots t_l$, складених з букв алфавіту $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. При цьому проглядалися m-грами тексту, із літер що йдуть підряд одна за одною:

$$t_1 t_2 \dots t_m, t_2 t_3 \dots t_{m+1}, \dots, t_{i-m+1} t_{i-m+2} \dots t_l. \quad (2.1)$$

Якщо $\vartheta(a_{i_1} a_{i_2} \dots a_{i_m})$ - число появ m-грами $a_{i_1} a_{i_2} \dots a_{i_m}$ в тексті T, а L - загальне число підрахованих m-грам, то досвід показує, що при досить великих L частоти

$$\frac{\vartheta(a_{i_1} a_{i_2} \dots a_{i_m})}{L}$$

для даної m-грами мало відрізняються один від одного.

В силу цього, відносну частоту вважають наближенням ймовірності P (ai1, ai2 ... aim) появи даної m-грами у випадково обраному місці тексту (такий підхід прийнятий при статистичному визначенні ймовірності).

Для проведення частотного аналізу використана мова Python.

Лістинг 2.1. Реалізація частотного аналізу

```
from collections import Counter
import re

def frequency_analysis(text):
    # Replace all non-letters with spaces and split the text into
    words
    words = re.findall(r'\b\w+\b', text.lower())

    # Calculate the frequency of each word
    frequencies = Counter(words)

    return frequencies

# Text for analysis
text = "Attention! New road signs are installed ahead"

# Call the frequency analysis function
result_analysis = frequency_analysis(text)

# Display the results
for word, frequency in result_analysis.items():
    print(f'{word}: {frequency}')
```

Після проведення частотного аналізу тексту можна зробити ряд висновків, які допоможуть вам краще зрозуміти структуру та характер тексту.

Визначення ключових слів, які найчастіше зустрічаються, може допомогти визначити основні теми або поняття тексту.

Аналіз частоти вживання різних частин мови (іменники, дієслова, прикметники) може вказати на мовний стиль тексту та його характеристики.

Розгляд частоти вживання конкретних слів чи конструкцій може виявити авторські особливості або стилістичні здобутки.

Вивчення частоти вживання типових конструкцій або фраз може розкрити жанрові особливості тексту.

Частотний аналіз може виявити вживання конкретних фразеологізмів, виразів чи ідіом, що є характерними для певного контексту.

Залежно від тематики тексту, можуть виявитися службові терміни або фахова лексика, що вказує на специфічність дисципліни чи області знань.

Визначення слів або виразів, які змінюють свій сенс в залежності від контексту, може бути корисним для розуміння глибини значення тексту.

В разі аналізу тексту з погляду емоційного забарвлення можна визначити загальний настрій чи емоційну тонованість тексту.

Висновки від частотного аналізу можуть бути використані для подальших досліджень, удосконалення стилістичних аспектів, аналізу авторських особливостей та взагалі для кращого розуміння змісту тексту.

Приклад того як виглядає реалізований частотний аналіз у системі можна побачити на рисунку 2.2

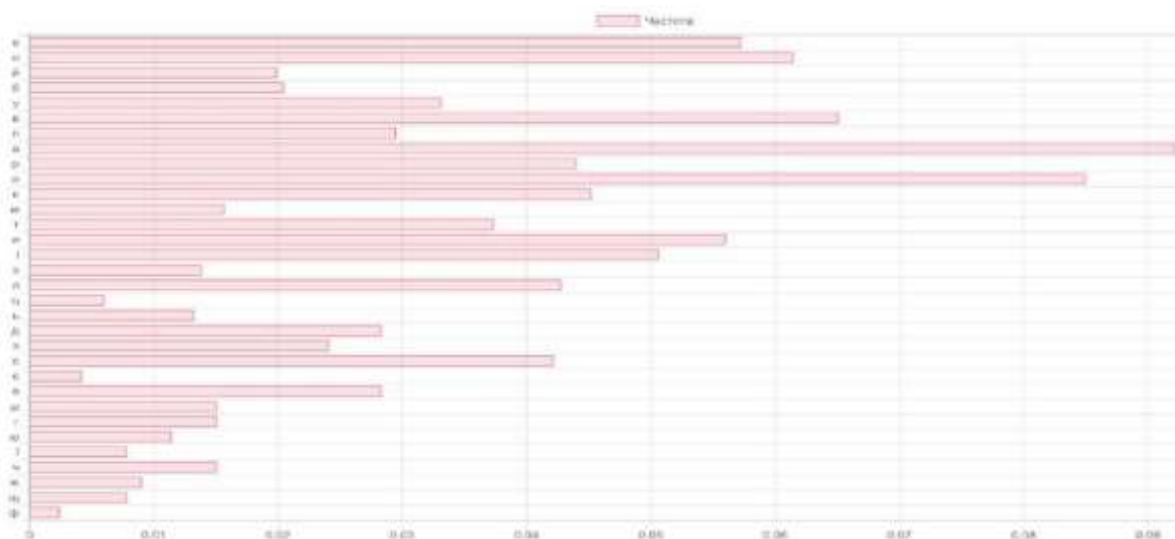


Рисунок 2.2 – Приклад частотного аналізу тексту, реалізованого у системі

Деяка різниця значень частот у наведених в різних джерелах таблицях пояснюється тим, що частоти істотно залежать не тільки від довжини тексту, а й від його характеру. Наприклад, в технічних текстах рідкісна буква Ф може стати досить частою в зв'язку з частим використанням таких слів, як функція, диференціал, дифузія, коефіцієнт і т.п.

Ще більші відхилення від норми в частоті вживання окремих літер спостерігаються в деяких художніх творах, особливо у віршах. Тому для надійного визначення середньої частоти букв бажано мати набір різних текстів, запозичених з різних джерел. Разом з тим, як правило, подібні відхилення незначні, і в першому наближенні ними можна знехтувати.

2.3 Частотний аналіз тексту за допомогою біграм

Для отримання більш точних відомостей про відкриті текстах можна будувати і аналізувати таблиці біграми.

Частотний аналіз тексту за допомогою біграм — це метод вивчення частоти вживання пар сусідніх слів у тексті. Біграма представляє собою пару слів, які зустрічаються разом в тексті в певному порядку.

Процес використання біграм для частотного аналізу має кілька кроків:

Текст розбивається на окремі слова або токени.

Формування пар сусідніх слів у тексті. Наприклад, якщо текст має фразу "Це є частотний аналіз", біграмами будуть "Це є", "є частотний", "частотний аналіз", і так далі.

Визначення того, як часто кожна біграма зустрічається в тексті.

Вивчення отриманих даних для виявлення найбільш часто зустрічаючихся біграм та їхнього контексту.

Частотний аналіз за допомогою біграм може допомогти в розумінні того, які слова часто вживаються разом і які зв'язки між ними визначаються у конкретному тексті. Цей метод може бути корисним для аналізу стилістичних особливостей, термінології чи тематичних аспектів тексту.

Корисною є інформація про сполучуваність букв, тобто про бажаних зв'язках букв один з одним, яку легко витягнути з таблиць частот біграм. Мається на увазі таблиця, в якій зліва і праворуч від кожної букви розташовані найкращі "сусіди" (в порядку убутання частоти відповідних біграмм). У таких таблицях зазвичай вказується також частка голосних і приголосних букв (у відсотках), що передують даній букві або знаходяться після неї.

Зробимо частотний аналізу біграм тексту "Be attentive! Repair work is underway":

Лістинг 2.2

```
from collections import Counter

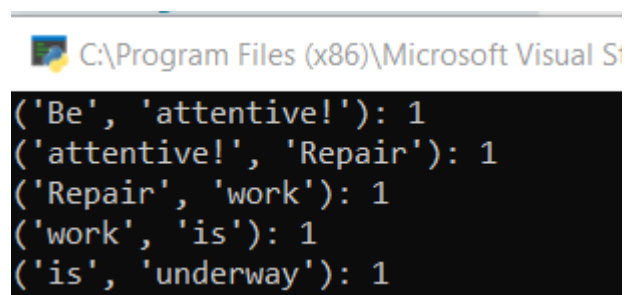
def bigram_frequency_analysis(text):
    words = text.split()
    bigrams = [(words[i], words[i + 1]) for i in range(len(words) -
1)]
    frequencies = Counter(bigrams)
    return frequencies

# Текст для аналізу
text = "Be attentive! Repair work is underway"

# Виклик функції біграмного частотного аналізу
result_analysis = bigram_frequency_analysis(text)

# Виведення результатів
for bigram, frequency in result_analysis.items():
    print(f'{bigram}: {frequency}')
```

Приклад реалізованого частотного аналізу біграм можна спостерігати на рисунках 2.3 -2.4.



```
C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual S
('Be', 'attentive!'): 1
('attentive!', 'Repair'): 1
('Repair', 'work'): 1
('work', 'is'): 1
('is', 'underway'): 1
```

Рисунок 2.3 – Результат роботи програми з лістингу 2.2

Після проведення частотного аналізу біграм тексту "Be attentive! Repair work is underway" можна зробити такі висновки:

Найбільш часто вживаними біграмами є пари слів, які ідуть одне за одним: наприклад, ('Be', 'attentive!') та ('Repair', 'work').

З біграмами можна отримати інформацію про тему тексту та його контекст. Наприклад, 'Repair work' може свідчити про те, що текст стосується робіт чи ремонту.

Деякі біграми можуть вважатися ключовими в залежності від контексту. У даному випадку, "Be attentive" може бути важливою інструкцією або підказкою.

Біграми можуть також вказати на структуру речень та зв'язок між словами. Наприклад, ('work', 'is') може вказувати на продовження інформації після слова 'work'.

В деяких випадках біграми можуть вказувати на емоційний тон тексту. Наприклад, "Be attentive" може мати позитивний відтінок.

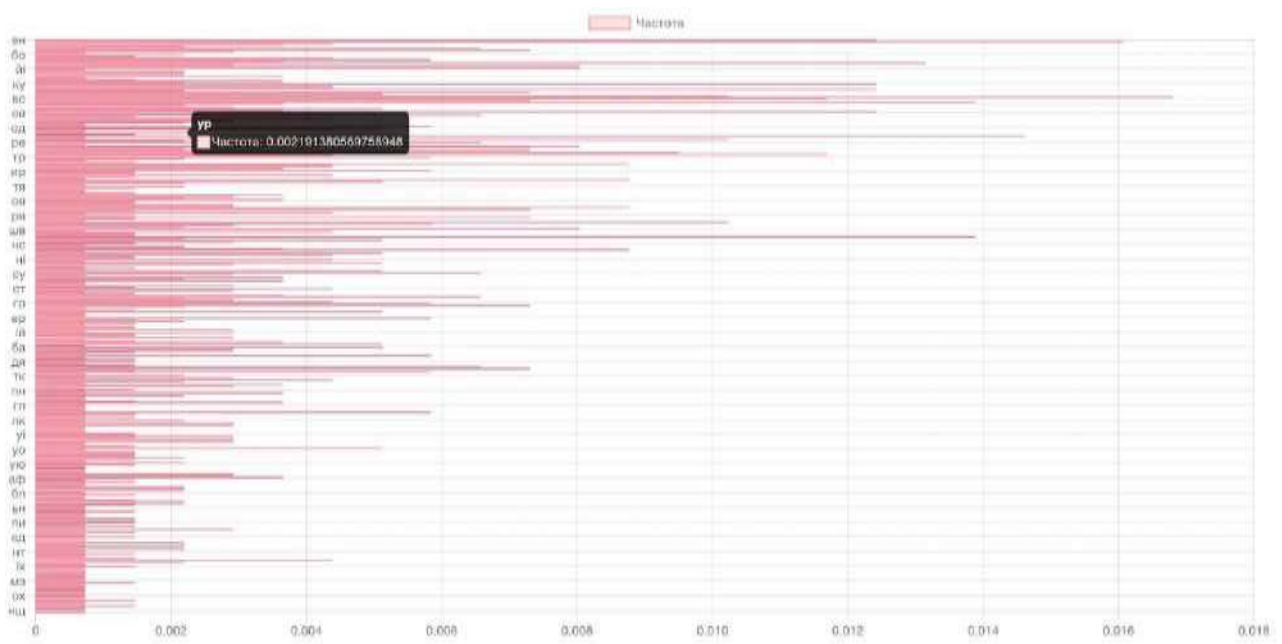


Рисунок 2.4 – Частотний аналіз тексту за допомогою біграм

При аналізі сполучуваності букв між собою слід мати на увазі залежність появи літер у відкритому тексті від значного числа попередніх літер. Для аналізу цих закономірностей використовують поняття умовної ймовірності.

Визначення закономірностей за допомогою статистичного аналізу відіграє велику роль у криптоаналізі. Зокрема, використовується при побудові

формалізованих критеріїв на відкритий текст, що дозволяють застосовувати методи математичної статистики в задачі розпізнавання відкритого тексту в потоці повідомлень. При використанні ж спеціальних алфавітів потрібні аналогічні дослідження частотних характеристик текстів, що виникають, наприклад, при машинному обміні інформацією або в системах передачі даних. У цих випадках побудова формалізованих критеріїв для тексту завдання значно складніше.

Крім криптографії частотні характеристики відкритих повідомлень істотно використовуються і в інших сферах. Наприклад, клавіатура комп'ютера, друкарської машинки або лінотипу - це чудове втілення ідеї прискорення набору тексту, пов'язане з оптимізацією розташування букв алфавіту відносно один одного в залежності від частоти їх застосування.

Тож, реалізація статистичного аналізу тексту відбувалася реалізації частотного аналізу, який було виконано для літер, а також для біграм тексту. Результати було відображено за допомогою візуалізації.

3 РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТЕКСТУ

Інтелектуальна система аналізу тексту на зображеннях — це програмне забезпечення або система, яка використовує технології штучного інтелекту для розпізнавання та розуміння тексту, включеного на зображеннях. Ця область також відома як Optical Character Recognition (OCR) або розпізнавання тексту на зображеннях.

Системи можуть автоматично розпізнавати та виділяти текст, який включений на зображеннях, будь то документи, фотографії, афіші чи інші графічні матеріали. Можливість системи розрізняти різні частини зображення та розуміти контекст, в якому розташований текст. Системи можуть визначати мову тексту та використовувати відповідні алгоритми для правильного розпізнавання символів. Функції корекції текстових помилок для поліпшення точності розпізнавання тексту. Системи можуть виділяти ключові інформаційні елементи, такі як назви компаній, дати, адреси, телефонні номери тощо. Можливість пристосовуватися до різних стилів зображень та шрифтів, що робить систему більш універсальною. Застосування технік машинного навчання для тренування системи на нових типах зображень та покращення її продуктивності. Можливість інтеграції з іншими інтелектуальними системами для розширення функціональності, наприклад, з системами аналізу тексту або обробки мови.

Ці системи знаходять широке застосування у великому спектрі галузей, включаючи документообіг, роботу з архівами, рекламу, медицину, розпізнавання рукописного тексту та інші області, де розуміння тексту на зображеннях може значно полегшити автоматизацію рутинних завдань

3.1 Організація модулів системи аналізу тексту

Теперішня модель системи з проєктована наступним чином, що можна спостерігати на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 - Діаграма сценаріїв використання системи

Основною метою проектування системи є її масштабування. Тобто система була спроектована таким чином, що в неї можна з легкістю можна додавати різні модулі для аналізу тексту або навпаки інтегрувати її в іншу програму. Серед основних модулів було виділено:

Модуль реєстрації / авторизації. виконує ключові функції, пов'язані з ідентифікацією та управлінням доступом користувачів:

–Можливість користувачів створювати акаунти в системі. Це включає введення особистої інформації, такої як ім'я, електронна пошта, пароль тощо.

–Підтвердження ідентифікації користувача, який вже має акаунт, зазвичай за допомогою введення логіну та паролю.

–Визначення рівнів доступу для користувачів в системі. Це може включати обмеження прав доступу до конкретних функцій чи даних в залежності від ролі користувача.

–Захист конфіденційної інформації користувача, такої як паролі та особисті дані, від несанкціонованого доступу.

–Можливість користувачам відновлювати забуті або втрачені паролі, зазвичай за допомогою електронної пошти або іншого методу верифікації.

–Забезпечення додаткового рівня безпеки за допомогою двофакторної аутентифікації, такої як використання SMS-кодів, мобільних застосунків або інших методів.

–Запис та відстеження дій користувачів у системі для виявлення можливих безпекових проблем чи аудиту.

–Можливість інтеграції з іншими компонентами системи аналізу тексту на зображеннях для забезпечення однорідного досвіду користувача.

–Визначення та запобігання різним видам атак, таких як атаки переповнення буфера, SQL-ін'єкції, фішінгу та інших загроз безпеці.

–Безпечне зберігання та управління особистою інформацією користувачів.

Модуль вибору виду аналізу тексту, що включає в себе: модуль з методами аналізу за допомогою машинного навчання; модуль з методами аналізу за допомогою статистики; модуль лінгвістичний аналіз.

Модуль вибору виду аналізу тексту в системі аналізу тексту на зображеннях може виконувати ряд функцій, пов'язаних із визначенням стратегії аналізу тексту, який буде використовуватися для обробки текстової інформації на зображеннях:

– Визначення того, який метод розпізнавання тексту буде використовуватися для аналізу зображень. Це може включати Optical Character Recognition (OCR), використання нейронних мереж, чи інші методи.

– Встановлення параметрів для конфігурації алгоритмів розпізнавання, таких як мова тексту, розміри шрифту, колір фону тощо.

– Встановлення областей або регіонів на зображенні, де потрібно виконати аналіз тексту. Це може бути корисним для визначення областей інтересу на складних зображеннях.

– Можливість модуля адаптуватися до різних стилів та форматів зображень, враховуючи їхню особливість.

- Визначення, який тип аналізу тексту буде застосовуватися, наприклад, екстракція ключових слів, розпізнавання іменованих сутностей, аналіз настрою тощо.
- Інтеграція з модулем реєстрації / авторизації для забезпечення безпеки та обмеження доступу до функцій аналізу тексту.
- Встановлення оптимальних налаштувань для підвищення продуктивності та швидкості обробки зображень.
- Розробка стратегій для розпізнавання тексту на зображеннях, що містять шум, артефакти чи інші завдання.
- Визначення технологічних інструментів та бібліотек, які будуть використовуватися для реалізації обраного методу аналізу тексту.
- Визначення завдань чи інструкцій для користувачів щодо оптимального використання системи аналізу тексту на зображеннях.



Рисунок 3.2 - Діаграма сценаріїв використання системи у разі масштабування програми

Тож, можливість для масштабування в системі сформований ще при створенні програми, що спростить роботу в подальшому. Важливо зауважити, що діаграма 3.2, а саме її наповнення не є остаточним, вона може зазнавати змін, у разі необхідності.

3.2 Структура та шлях аналізу тексту

Початком є отримання або збір текстових даних, які підлягатимуть аналізу. Це може бути текст з документів, веб-сторінок, соціальних мереж, листування, тощо. Вилучення непотрібної інформації, такої як HTML-теги, знаки пунктуації, стоп-слова (слова, які часто зустрічаються і не несуть суттєвого значення). Проведення лематизації та токенізації для подальшого аналізу. Визначення частоти вживання слів у тексті. Це може допомогти виявити ключові терміни та теми.

Виділення найважливіших та найрепрезентативніших слів або фраз, які вказують на основний зміст тексту. Визначення того, яким чином висловлюється автор тексту: позитивно, негативно чи нейтрально. Це особливо важливо для відгуків та соціальних мереж. Виявлення та класифікація іменованих сутностей, таких як імена, місця, дати та інші ключові елементи інформації. Визначення теми або категорії тексту. Це може включати використання класифікаційних моделей. Дослідження взаємозв'язків та семантичних зв'язків між словами та фразами в тексті.

Спроба визначити мету аналізу та формулювання висновків на основі отриманих результатів. Представлення результатів аналізу у вигляді графіків, діаграм, хмар слів або інших візуальних елементів. Виокремлення основних висновків та застосування отриманих даних для прийняття рішень або подальших дій.

Основний напрям роботи це аналіз фото, зчитування інформації з нього та видача текстового формату. Тож, робоча структура аналізу можна спостерігати на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Структура аналізу тексту та його шлях

3.3 Основні архітектурні компоненти системи

Для того, щоб користування даю системою було легшим вона була реалізована у формі додатку. По факту дану програму можна передати іншим користувачам для роботи з нею або просто викласти у відкритий доступ. Таким чином, все що потрібно майбутньому користувачеві, то це скачати / отримати систему.

Важливим фактором даної системи є наявність інтернет зв'язку, бо програма використовує бібліотеку EasyOCR для розпізнавання тексту на обраному зображенні, вона була обране не випадково, бо саме завдяки їй можна не скачувати велику базу для аналізу зображень, а користуватися наявною у відкритому доступі.

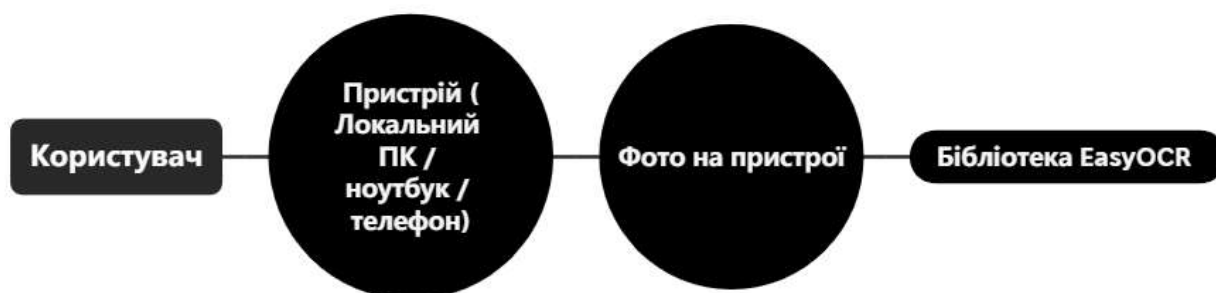


Рисунок 3.4 – Основні складові системи

3.4 Мова програмування та використані модулі

Дана система написана мовою програмування Python.

Python - це високорівнева, інтерпретована мова програмування загального вжитку. Ось деякі характеристики Python та відповіді на питання, чому було обрано саме цю мову для написання даної програми:

–Простота та Читабельність: Python славиться своєю простотою та легкістю вивчення. Синтаксис мови дозволяє писати код, який легко читати і зрозуміти, що важливо для розробки та підтримки програми з часом.

–Широкі Можливості: Python має велику кількість стандартних бібліотек, що дозволяє використовувати різноманітні функції без необхідності додаткового програмування. У даному випадку, бібліотеки, такі як OpenCV, Tkinter, та easyOCR, полегшують створення графічного інтерфейсу та обробку зображень (це була одна з основних характеристик, про них нижче).

–Підтримка Крос-Платформеності: Python є крос-платформеною мовою, що означає, що програму можна запускати на різних операційних системах, таких як Windows, macOS, та Linux, без значних модифікацій.

–Активна Спільнота та Екосистема: Python має велику та активну спільноту розробників, що сприяє швидкому вирішенню проблем, оновленню та підтримці. Крім того, існує велика кількість бібліотек та інструментів, що дозволяє розробникам використовувати готові рішення.

–Розширені Можливості: Python легко інтегрується з іншими мовами, такими як C та C++, що дозволяє використовувати оптимізовані функції для важливих частин програми.

Обрана мова програмування Python дозволяє розробникам швидко та ефективно створювати графічні інтерфейси, обробляти зображення, та використовувати інші необхідні функції для програми розпізнавання тексту.

А тепер розповім коротко про наявні модулі, використані бібліотеки тощо.

У програмі "Text Recognition" реалізовано організацію функціоналу за допомогою класу TextRecognitionApp, який взаємодіє з різними модулями та бібліотеками. Нижче подано розгорнуту структуру та функціональність кожного модуля:

3.4.1 Модуль tkinter

Модуль tkinter використовується для створення графічного інтерфейсу користувача (GUI). У ньому визначається клас TextRecognitionApp, який управляє всіма елементами інтерфейсу, такими як кнопки, мітки, текстові поля тощо.

Button (btn_browse, btn_analyze): Відповідає за обробку подій натискання кнопок для вибору зображення та аналізу тексту відповідно.

Label (image_label): Відображає зображення та служить для його попереднього перегляду перед аналізом тексту.

Scrollbar (scrollbar): Забезпечує прокрутку текстового поля з результатами аналізу.

Text (result_text): Виводить результати аналізу тексту та дозволяє користувачу взаємодіяти з великими обсягами даних.

3.4.2 Модуль cv2

Модуль cv2 відповідає за обробку та масштабування зображення перед його відображенням у вікні програми.

Функція browse_image: Відкриває діалогове вікно для вибору файлу зображення та викликає функцію обробки та відображення обраного файлу.

3.4.3 Модуль easyocr

Модуль `easyocr` використовується для аналізу тексту на обраному зображенні.

Функція analyze_text: Застосовує бібліотеку EasyOCR для розпізнавання тексту на обраному зображенні та виводить результати в текстове поле.

3.4.4 Модуль PIL

Модуль `PIL` використовується для конвертації та відображення обробленого зображення.

Функція browse_image: Використовується для конвертації та відображення обраного зображення у вікні програми.

3.4.5 Модуль messagebox

Модуль messagebox використовується для виведення повідомлень про помилки чи інші сповіщення користувачу.

Функції `showerror` та `showinfo`: Використовуються для виведення повідомлень про помилки та сповіщення користувачу.

Як вже писав раніше, ця модульна структура дозволяє врівноважено розділити функціонал програми та робити його більш модульним та розширюваним в майбутньому.

4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ АНАЛІЗУ ТЕКСТУ

4.1 Опис програмного забезпечення

Додаток "Text Recognition" розроблено для ефективного аналізу тексту на зображеннях, надаючи зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача. Проект базується на мові програмування Python та використовує бібліотеки для обробки зображень, такі як OpenCV для бекенду та Tkinter для створення графічного інтерфейсу користувача (GUI).

Основні функціональність та інтерфейс

Додаток надає наступні можливості:

Вибір зображення: Користувач може обирати зображення різних форматів за допомогою кнопки "Обрати Зображення".

Аналіз тексту: З можливістю аналізу тексту на зображенні за допомогою кнопки "Аналізувати Текст".

Адаптивний розмір зображення: Зображення автоматично адаптується до розміру вікна, забезпечуючи комфортний перегляд.

Прокрутка результатів: Результати аналізу тексту відображаються в текстовому полі з можливістю прокрутки.

Локалізація: Додаток підтримує локалізацію для української та англійської мов.

Бекенд: Написаний на Python з використанням OpenCV для обробки зображень та бібліотеки EasyOCR для аналізу тексту.

Графічний інтерфейс: Створений з використанням Tkinter, базової бібліотеки для створення GUI на мові Python.

Автоматичний ресайз: Зображення адаптується до розміру вікна, забезпечуючи кращий вигляд та зручність.

Технологія OCR: Застосування бібліотеки EasyOCR для точного та швидкого розпізнавання тексту на зображеннях.

Програма використовує парадигму ООП з використанням класів та об'єктів.

Використовується багатопоточність (threading) для виконання обробки зображення в окремому потоці та уникнення блокування інтерфейсу користувача під час обробки.

Взаємодія з користувачем реалізована через графічний інтерфейс з використанням tkinter.

Додаток "Text Recognition" вирізняється простим та зрозумілим інтерфейсом, високою точністю аналізу тексту, а також можливістю адаптуватися до різних розмірів зображень та вікна, надаючи зручний та ефективний інструмент для взаємодії з текстом на зображеннях.

4.2 Аналіз функціоналу додатку

Після реалізації системи, було проведено великий аналіз функціоналу додатку та виокремлено його плюси та мінуси.

З призми опцій та можливостей позитивною стороною є:

- Обрати зображення:

Позитив: Зручний та швидкий вибір зображення через діалогове вікно.

Перевага: Забезпечує зручність взаємодії та легкість вибору файлу.

- Автоматичний ресайз зображення:

Позитив: Автоматичне масштабування зображення для кращого відображення.

Перевага: Оптимізує розмір зображення для відповідності розмірам вікна.

- Аналіз тексту:

Позитив: Використання бібліотеки EasyOCR для точного розпізнавання тексту.

Перевага: Забезпечує високу ефективність та якість аналізу тексту.

- Вивід результатів:

Позитив: Зручне відображення результатів у вікні з можливістю прокрутки.

Перевага: Забезпечує чітку та структуровану інформацію.

- Графічний Інтерфейс:

Позитив: Інтуїтивний та зрозумілий інтерфейс користувача.

Перевага: Забезпечує простоту та зручність взаємодії.

Негативними сторонами є:

- Динамічний масштаб зображення:

Негатив: Зображення масштабується динамічно, що може впливати на якість та чіткість зображення.

Недолік: Можливість виникнення артефактів через автоматичне масштабування.

- Система оповіщень про помилки:

Негатив: Відображення повідомлень про помилки може створювати додатковий візуальний шум.

Недолік: Вплив на естетику та чистоту інтерфейсу.

- Легке керування текстовим результатом:

Негатив: Вільне керування кількістю відображуваних рядків може викликати непередбачувані ситуації.

Недолік: Збільшення кількості рядків може вплинути на читабельність та компактність інтерфейсу.

- Спрощений процес аналізу тексту:

Негатив: Може виглядати надто просто для користувачів, звиклих до розширених функціональних можливостей.

Недолік: Можливий брак гнучкості для більш специфічних аналітичних завдань.

Спираючись на даний аналіз, можна сказати, що критичних зауважень до програми немає, але ми розуміємо, що покращувати завжди є що та куди, тим паче у разі подальшого масштабування системи.

4.3 Організація функціоналу додатку

Для аналізу тексту на фото був розроблений додаток. Одразу після його запуску він потрапляє на головну сторінку, яку можна побачити на рисунку 4.1.

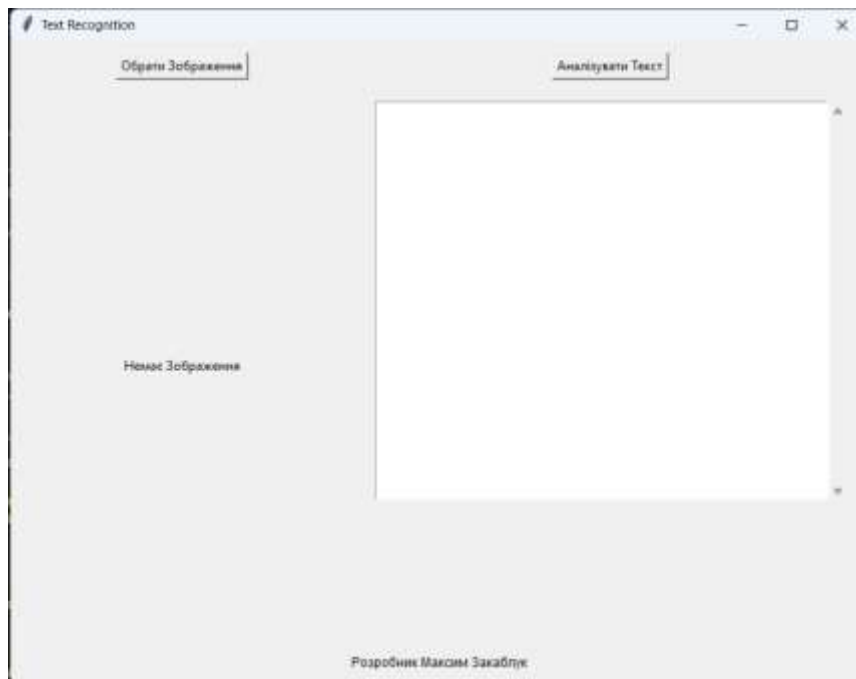


Рисунок 4.1 – Головна сторінка додатку

Одразу перед собою він бачить головний функціонал кнопку «Обрати зображення» та кнопку «Аналізувати текст».

Важливо, коли зображення не завантажене, але користувач натиснув кнопку «Аналізувати текст», то йому виведеться наступне повідомлення, яке можна побачити на рисунку 4.2.

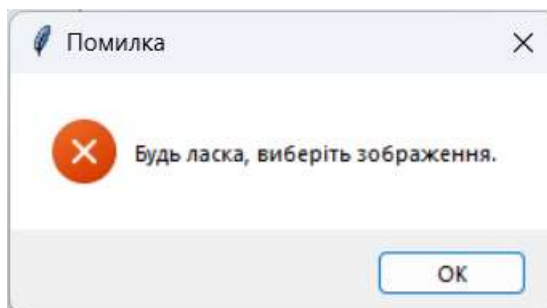


Рисунок 4.2 – Помилка, у разі натиснення кнопки «Аналізувати текст», але зображення ще не завантажене

Наступним кроком користувача повинно бути, саме завантаження зображення. Це можливо зробити натиснувши кнопку «Обрати зображення», саме тоді відкриється папка для вибору файлу зображення з пристрою, це можна переглянути на рисунку 4.3.

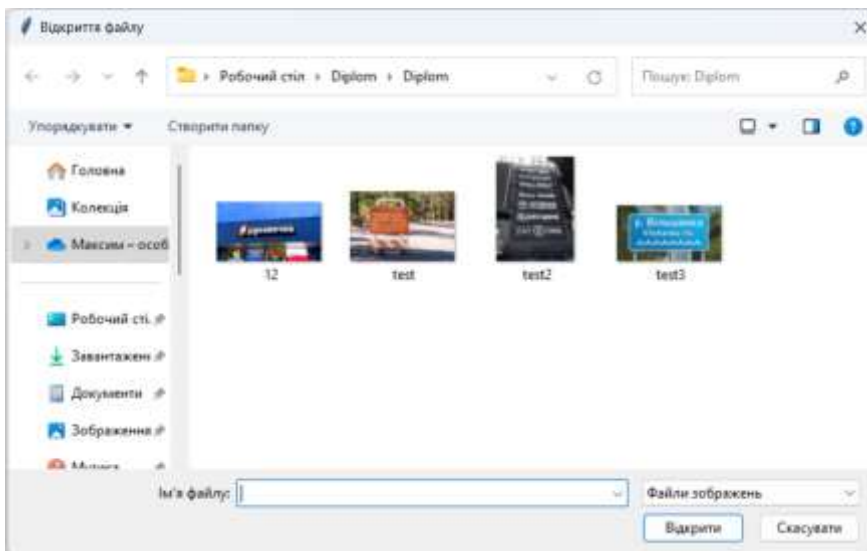


Рисунок 4.3 – Вибір файлу з пристрою

Як тільки користувач обрав файл, він одразу вантажить на головну сторінку додатку для гарної візуалізації. Вибране зображення автоматично масштабується для підтримки вигляду в програмі, це можна переглянути на рисунку 4.4.

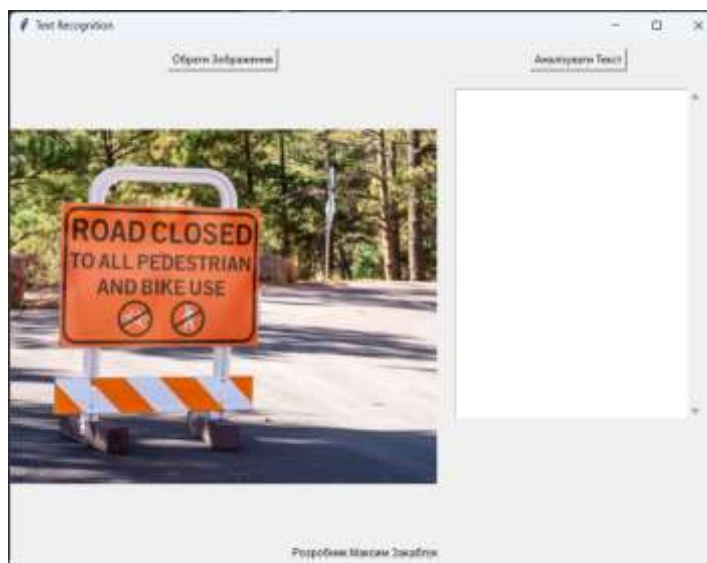


Рисунок 4.4 – Вивід обраного зображення на головну сторінку додатку

Вже після цього, користувач може або замінити зображення у разі обрання не того, яке хотів, або натиснути кнопку «Аналізувати текст» та запустити процес аналізу зображення на наявний текст.

Після аналізу, користувачеві виводиться текст в окреме вікно, який було знайдено на зображенні, приклад можна переглянути на рисунку 4.5, нижче.



Рисунок 4.5 – Головна сторінка додатку з виведеним проаналізованим текстом

Як ви бачите, сама система формує слова, так саме як і на фото, новий рядок на зображенні це і новий рядок у текстовому форматі. Також, залишається наявний регістр верхній, нижній або змішаний.

Після цього у користувача є можливість вибрати текст та скопіювати його і використовувати в подальшому.

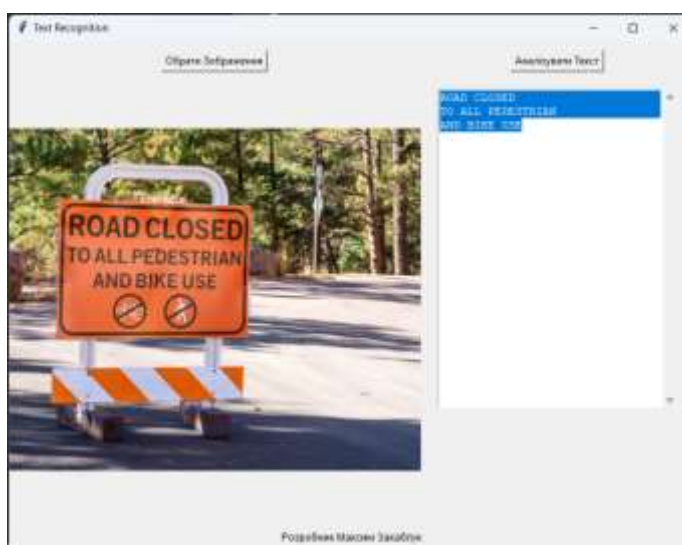


Рисунок 4.6 – Показ можливості виділення тексту для копіювання

Дану процедуру можна використовувати не обмежену кількість раз для аналізу всіх наявних зображень. Нижче додаю приклади аналізу інших зображень

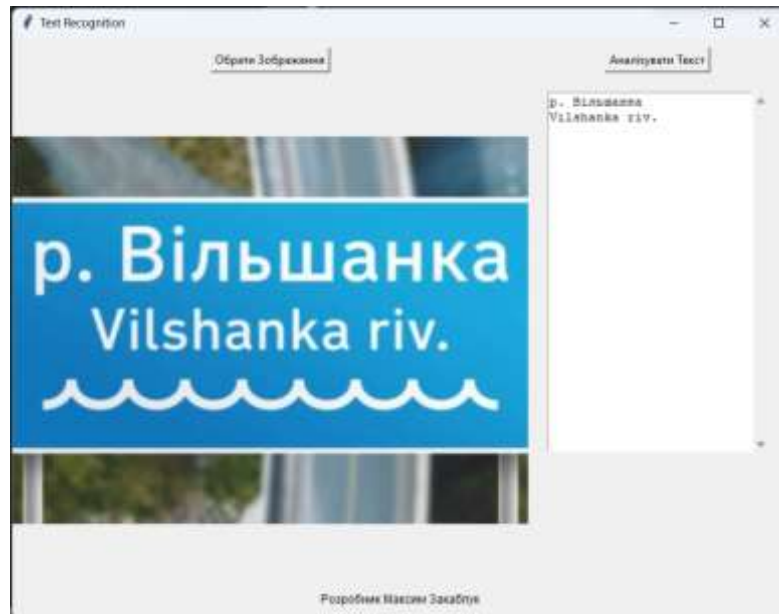


Рисунок 4.7 – Приклад аналізу інших зображень №1

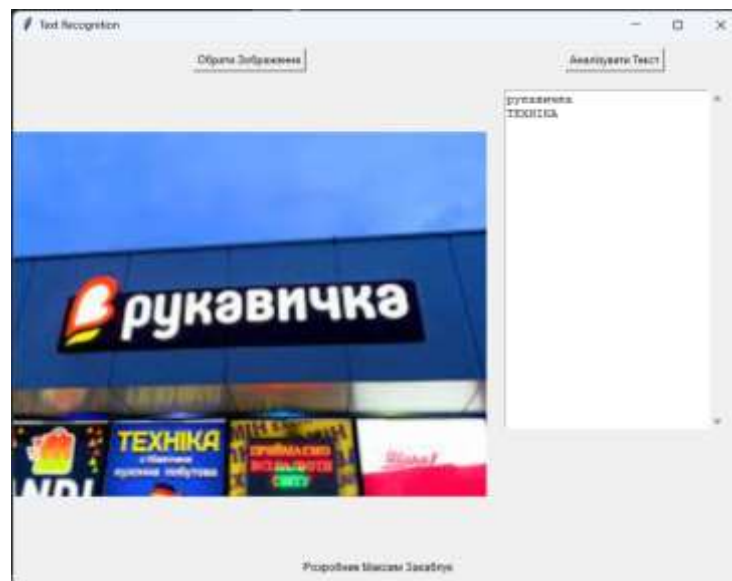


Рисунок 4.8 - Приклад аналізу інших зображень №2

Тож, можна зробити висновок, що система працює справно і її можна використовувати для подальшого аналізу зображень.

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської роботи зроблений огляд сучасних наукових робіт , що пов'язані з аналізом тексту на зображеннях.

У результаті роботи було розроблено інтелектуальну комп'ютерну систему “Text Recognition” для обробки тексту на прикладі аналізу текстових дорожніх знаків та вивісок. Під час розробки було використано мову програмування - Python та бібліотеки OpenCV, Tkinter, та easyOCR

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Van Phan, T., Cong Nguyen, K. & Nakagawa, M. A Nom historical document recognition system for digital archiving. *Int. J. Doc. Anal. Recognit.* 2016.19, 49–64.
2. Shi, B., Bai, X. & Yao, C. An end-to-end trainable neural network for image-based sequence recognition and its application to scene text recognition. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2017, 39, 2298–2304.
3. Shi, B., Wang, X., Lyu, P., Yao, C. & Bai, X. Robust scene text recognition with automatic rectification. *Proc. IEEE Comput. Vis. Pattern Recognit.* 2016, 4168–4176.
4. Plamondon, R. & Srihari, S. N. Online and off-line handwriting recognition: A comprehensive survey. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2000, 22, 63–84 .
5. Schäfer, B., van Aa, H., Leopold, H. & Stuckenschmidt, H. Sketch2BPMN: Automatic recognition of hand-drawn BPMN models. In *Advanced Information System Engineering* Vol. 12751 (eds LaRosa, M. *et al.*) 2021. 344–360.
6. BeltrAn, V., Journet, N., Coustaty, M. & Doucet, A. Semantic text recognition via visual question answering. in *2019 International Conference on Document Analysis and Recognition Workshops (ICDARW) 2019*, 97–102
7. Suh, S., Lee, G., Gil, D., & Kim, Y. Automated hand-marked semantic text recognition from photographs. *Scientific reports*, 2023. 13(1), 14240.
8. Kopeykina, L., & Savchenko, A. (2020). Photo privacy detection based on text classification and face clustering. In *Proceedings of the VI International Conference Information Technology and Nanotechnology. Image Processing and Earth Remote Sensing (ITNT-IPERS 2020)* (Vol. 2665, pp. 171-176).
9. L. Kopeykina, A.V. Savchenko, Automatic privacy detection in scanned document images based on deep neural networks, *Proceedings of International Russian Automation Conference (RusAutoCon)*, IEEE, pp. 1-6, 2019
10. Tamilselvi, M., Ramkumar, G., Anitha, G., Nirmala, P., & Ramesh, S., A Novel Text Recognition Scheme using Classification Assisted Digital Image Processing Strategy. In *2022 International Conference on Advances in Computing, Communication and Applied*

Informatics (ACCAI) 2022. (pp. 1-6). IEEE.

11. Zhang, C., Ding, W., Peng, G., Fu, F., & Wang, W. Street view text recognition with deep learning for urban scene understanding in intelligent transportation systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2020.22(7), 4727-4743.

12. Wang, W., Xie, E., Liu, X., Wang, W., Liang, D., Shen, C., & Bai, X. Scene text image super-resolution in the wild. In *Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference, Glasgow, UK, August 23–28, 2020, Proceedings, Part X 16* (pp. 650-666). Springer International Publishing.

13. Shadiev, R., Wu, T. T., & Huang, Y. M. Using image-to-text recognition technology to facilitate vocabulary acquisition in authentic contexts. *ReCALL*, 2020. 32(2), 195-212.

14. Stepchenkova Svetlana, Zhan Fangzi. “Visual Destination Images of Peru: Comparative Content Analysis of DMO and User-Generated Photography.” *Tourism Management* 2013. 36:590–601.

15. Аксак Н. Г. Паралельна нейрообробка великих даних у розподіленому середовищі на основі MapReduce. *Інформаційні технології: сучасний стан та перспективи*: монографія / за заг. ред. В. С. Пономаренка. - Х.: Тов. "ДІСА ПЛЮС", 2018. - С. 325-340.

16. Axak N. Cloud-fog-dew Architecture for Personalized Service-oriented Systems. *The 9th IEEE International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT'2018, Kyiv, Ukraine – 2018.* – P. 80–84.

17. Axak N., Korablyov M., Rosinskiy D. MapReduce Hadoop Models for Distributed Neural Network Processing of Big Data Using Cloud Services / *Advances in Intelligent Systems and Computing IV.* / Editors: Shakhovska, Natalya; Medykovskyy, Mykola O., Springer, 2019. – pp. 387 – 400.