


ДОДАТОК А

Графічний матеріал кваліфікаційної роботи



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
КАФЕДРА КІТС

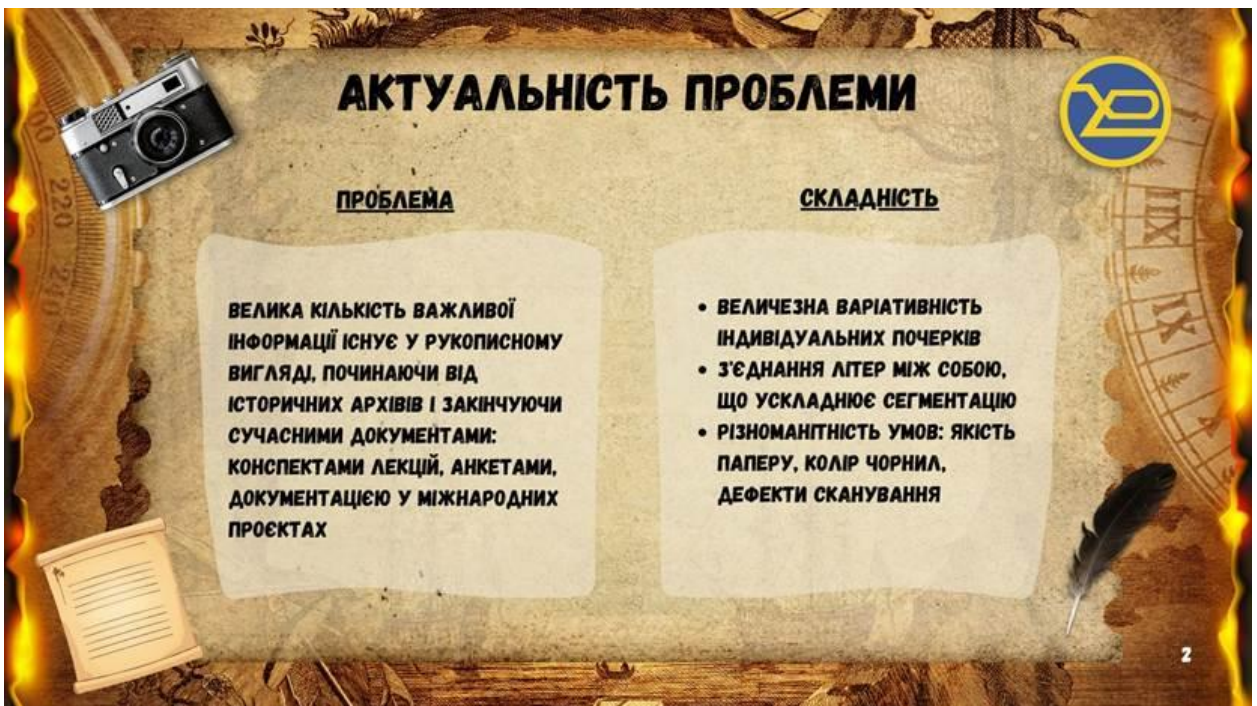
БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ: «ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ»

ВИКОНАВ: СТ. ГР. КІУКІ 21-10
ШАТОХІН О.В.

КЕРІВНИК: ДОЦ. КАФ. КІТС
ІЛЮНІН О.О.

1



АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ

ПРОБЛЕМА



ВЕЛИКА КІЛЬКІСТЬ ВАЖЛИВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ІСНУЄ У РУКОПИСНОМУ ВИГЛЯДІ, ПОЧИНАЮЧИ ВІД ІСТОРИЧНИХ АРХІВІВ І ЗАКІНЧУЮЧИ СУЧАСНИМИ ДОКУМЕНТАМИ: КОНСПЕКТАМИ ЛЕКЦІЙ, АНКЕТАМИ, ДОКУМЕНТАЦІЄЮ У МІЖНАРОДНИХ ПРОЕКТАХ

СКЛАДНІСТЬ

- **ВЕЛИЧЕЗНА ВАРІАТИВНІСТЬ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПОЧЕРКІВ**
- **З'ЄДНАННЯ ЛІТЕР МІЖ СОБОЮ, ЩО УСКЛАДНЮЄ СЕГМЕНТАЦІЮ**
- **РІЗНОМАНІТНІСТЬ УМОВ: ЯКІСТЬ ПАПЕРУ, КОЛІР ЧОРНИЛ, ДЕФЕКТИ СКАНУВАННЯ**

2

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ПРОЕКТУ

МЕТА:
РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ, ЗДАТНОЇ РОЗПІЗНАВАТИ РУКОПИСНИЙ ТЕКСТ ЗОБРАЖЕНЬ.

ЗАВДАННЯ:

- ДОСЛІДИТИ ІСНУЮЧІ МЕТОДИ НТР
- ОБРАТИ ІНСТРУМЕНТИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
- СТВОРИТИ АРХІТЕКТУРУ ТА НЕЙРОННУ МОДЕЛЬ
- РЕАЛІЗУВАТИ КЛІЄНТ-СЕРВЕРНУ СИСТЕМУ
- ПРОВЕСТИ НАВЧАННЯ, ТЕСТУВАННЯ, ОЦІНКУ

Antiquary Dictionary 200-000



The following table of coin types from 1000-1200 AD and the time of their arrival at the surface is chiefly related to their swimming capacity & 2nd (subset) categories from 1100-1200 AD, and from 1200-1400 AD, and 1st, from 1500-1600 AD.

Similar categories of coins are arranged in columns across the table, which are at the surface while the young groups are not from a depth of 50 metres.

Thomas Cook

3

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

ПРОБЛЕМА:


- 1
 - РУКОПИС = СКЛАДНІСТЬ ДЛЯ МАШИН
 - ВАРІАТИВНІСТЬ ПОЧЕРКІВ, СПОТВОРЕННЯ
 - СЕГМЕНТАЦІЯ ТА ШУМ – КРИТИЧНІ ФАКТОРИ


РІШЕННЯ:


- 2
 - ШАБЛони → НММ → CRNN
 - ЗАРАЗ: ГЛИБОКЕ НАВЧАННЯ + СТС
 - БЕЗ РУЧНОЇ РОЗМІТКИ СИМВОЛІВ

ІНСТРУМЕНТИ/СЕРВІСИ:

- 3
 - TESSERACT → СЛАБКИЙ ДЛЯ РУКОПИСІВ
 - GOOGLE VISION → ТОЧНИЙ, АЛЕ ПЛАТНИЙ
 - ІНШІ АРІ → ПРОБЛЕМИ З БЕЗПЕКОЮ


 Tesseract OCR


 Google Cloud
 Vision API


 Amazon
 Textract


 Transkribus

4

ХАРАКТЕРИСТИКА	ПРИХОВАНІ МАРКОВСЬКІ МОДЕЛІ	СУЧАСНИЙ ПІАХІД (CRNN + CTC)
ОСНОВНІ ПІАХОДИ	МОДЕЛЮВАННЯ ТЕКСТУ ЯК ПОСЛІДОВНОСТІ СТАНІВ, ЩО ГЕНЕРУЮТЬ ВЕКТОРИ ОЗНАК.	ПРЯМЕ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ НА ТЕКСТ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗГОРТКОВИХ ТА РЕКУРЕНТНИХ МЕРЕЖ.
ТОЧНІСТЬ	ПОМІРНА. ПОСТУПАЄТЬСЯ НЕЙРОННИМ МЕРЕЖАМ, ОСОБЛИВО НА СКЛАДНИХ ДАНИХ.	ВИСОКА. СУЧАСНИЙ СТАНДАРТ ДЛЯ ЗАДАЧ НТР.
РОБОТА З КОНТЕКСТОМ	ОБМЕЖЕНА. ВЛАСТИВІСТЬ "MEMORYLESSNESS" НЕ ДОЗВОЛЯЄ ВРАХОВУВАТИ ДОВГОТРИВАЛІ ЗАЛЕЖНОСТІ.	ДУЖЕ ЕФЕКТИВНА. ДВОНАПРЯМЛЕНІ LSTM АНАЛІЗУЮТЬ КОНТЕКСТ УСЬОГО РЯДКА В ОБОХ НАПРЯМКАХ.
ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ОЗНАК	ВИСОКА. ЯКІСТЬ СИЛЬНО ЗАЛЕЖИТЬ ВІД ВРУЧНУ СПРОЕКТОВАНИХ ВІЗУАЛЬНИХ ОЗНАК.	НИЗЬКА. ОЗНАКИ ВИВЧАЮТЬСЯ МЕРЕЖЕЮ АВТОМАТИЧНО З ПІКСЕЛІВ ЗОБРАЖЕННЯ.
СКЛАДНІСТЬ МОДЕЛІ	ВІДНОСНО ПРоста СТАТИСТИЧНА МОДЕЛЬ.	СКЛАДНА. БАГАТОШАРОВА НЕЙРОННА МЕРЕЖА З МІЛЬЙОНАМИ ПАРАМЕТРІВ.
ВИМОГИ ДО РЕСУРСІВ	ПОМІРНІ. МЕНШІ ВИМОГЛИВІ ДО ОБЧИСЛЕНЬ.	ВИСОКІ. ПОТРЕБУЮТЬ ЗНАЧНИХ РЕСУРСІВ (GPU) ДЛЯ ЕФЕКТИВНОГО НАВЧАННЯ.
ГНУЧКІСТЬ	ОБМЕЖЕНА. ВАЖКО АДАПТУВАТИ ПІД НОВІ ТИПИ ДАНИХ БЕЗ ЗМІНИ НАБОРУ ОЗНАК.	ВИСОКА. МОДЕЛЬ ЛЕГКО ДОНАВЧАТИ ТА АДАПТУВАТИ ПІД НОВІ МОВИ АБО СТИЛІ ПИСЬМА.

5

ВИКОРИСТАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

PYTHON, PYTORCH, OPENCV, FLASK,
REACT, SQLALCHEMY, ALBUMENTATIONS

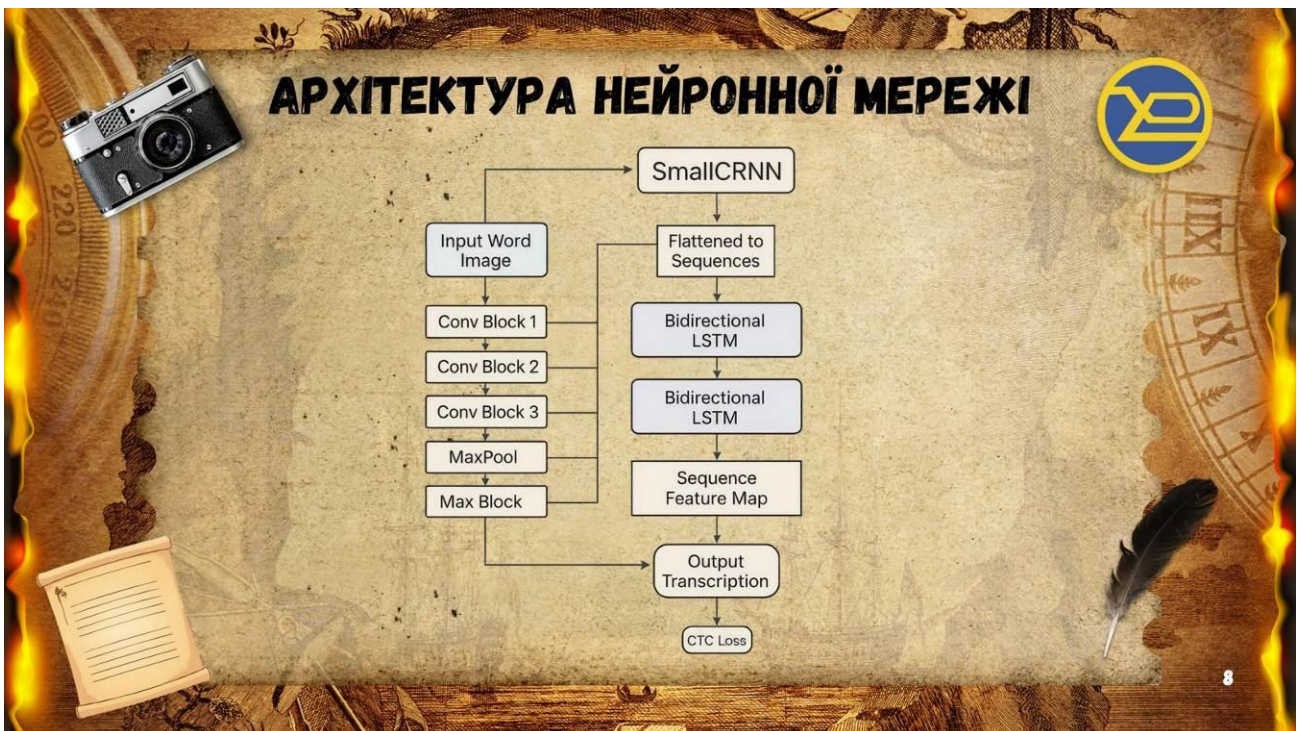
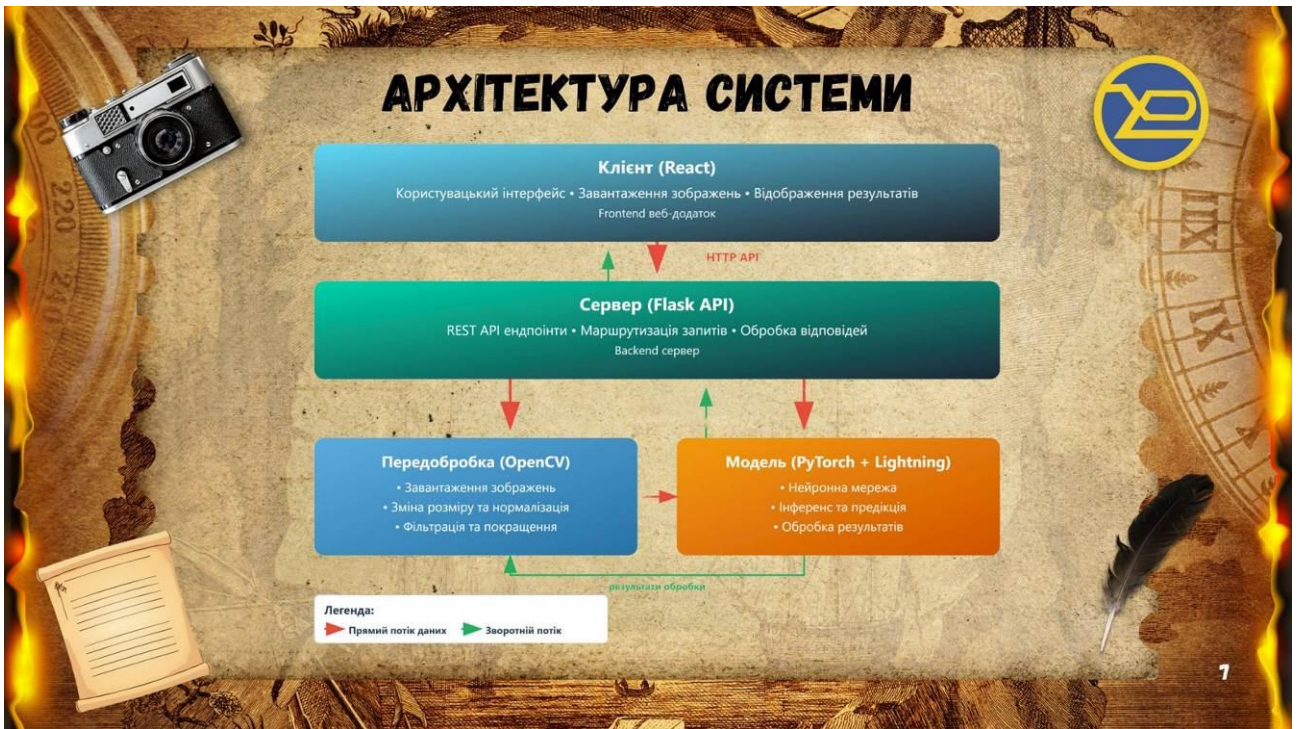
- VS CODE ТА JUPYTER ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ
- REST API ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ
- GPU-ПРИСКОРЕННЯ










6




НАБІР ДАНИХ ДЛЯ ТРЕНУВАННЯ

ДАТАСЕТ IAM





- 13353 РЯДКІВ, 115320 СЛІВ
- 657 АВТОРІВ
- РОЗМІТКА: СЛОВА, РЯДКИ, СТОРІНКИ
- СКЛАДНІСТЬ: РЕАЛЬНІ ПОЧЕРКИ



various
international
independent



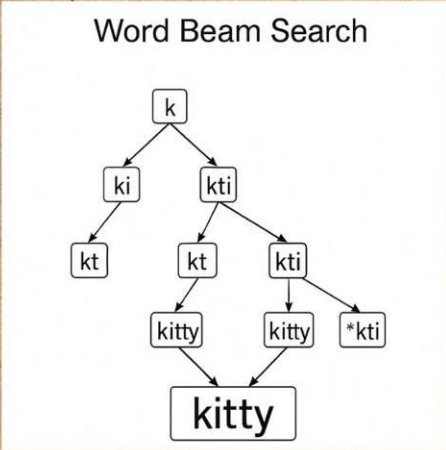
Seven Commonwealth countries have told Mr. Sandys,
take notice of, that very large and



9

ПОШУК НАЙІМОВІРНИШИХ СЛІВ

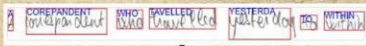
Word Beam Search

```

graph TD
    k[k] --> ki[ki]
    k --> kti[kti]
    ki --> kt[kt]
    kti --> kt
    kti --> kti
    kt --> kitty[kitty]
    kti --> kitty
    kti --> kti_star[*kti]
    kitty --> kitty
  
```

- ЙМОВІРНІСТІ МОДЕЛІ
- СЛОВНИК ВІДОМИХ СЛІВ
- КОНТЕКСТ ФРАЗ




A COREPONDENT WHO TRAVELLED YESTERDA TO WITHIN

↓ ✗

A COREPONDENT WHO TRAVELLED YESTERDA TO WITHIN



↓ ✓

A COREPONDENT WHO TRAVELLED YESTERDAY TO WITHIN



10

ВНУТРІШНЯ СТРУКТУРА ПРОЄКТУ

БЕКЕНД:

```

HTR_BACKEND_CLASS_FRONT
├── backend
│   ├── __pycache__
│   ├── base
│   ├── idea
│   ├── veriv
│   ├── base_model
│   │   ├── __pycache__
│   │   └── clustering
│   │       ├── __pycache__
│   │       ├── __init__.py
│   │       └── clustering.py
│   ├── ctc
│   │   ├── __pycache__
│   │   ├── __init__.py
│   │   ├── ctc.py
│   │   └── model
│   ├── build
│   ├── data
│   ├── .gitignore
│   └── instance
│       ├── htr_app.db
│       ├── veriv
│       ├── app.py
│       ├── auth.py
│       ├── history.py
│       ├── init_db.py
│       ├── models.py
│       └── requirements.txt
        
```

ФРОНТЕНД:



```

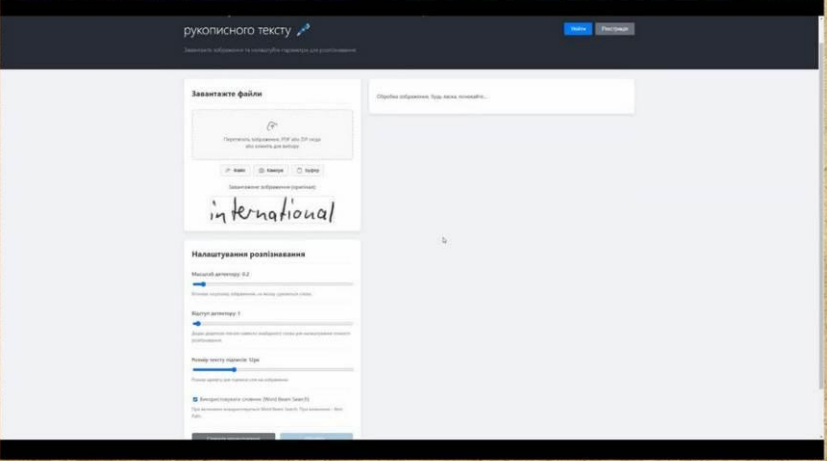
├── frontend
│   ├── node_modules
│   ├── public
│   └── src
│       ├── components
│       │   ├── Auth
│       │   │   ├── Auth.css
│       │   │   ├── LoginForm.js
│       │   │   └── RegisterForm.js
│       │   ├── History
│       │   │   ├── History.css
│       │   │   └── HistoryPanel.js
│       ├── services
│       │   ├── app.js
│       │   ├── App.css
│       │   ├── App.js
│       │   ├── App.test.js
│       │   ├── index.css
│       │   ├── index.js
│       │   ├── logo.svg
│       │   ├── reportWebVitals.js
│       │   └── setupTests.js
│       ├── .gitignore
│       ├── package-lock.json
│       └── package.json
        
```

11

ДЕМОНСТРАЦІЯ РОБОТИ СИСТЕМИ

НЕАВТОРИЗОВАНІ КОРИСТУВАЧІ:

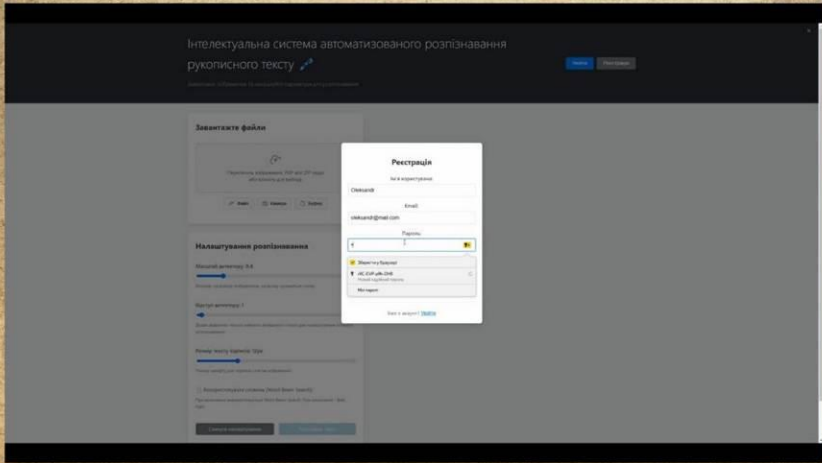





12

ДЕМОНСТРАЦІЯ РОБОТИ СИСТЕМИ

АВТОРИЗОВАНІ КОРИСТУВАЧІ:



Інтелектуальна система автоматизованого розпізнавання рукописного тексту

Завантажте файл

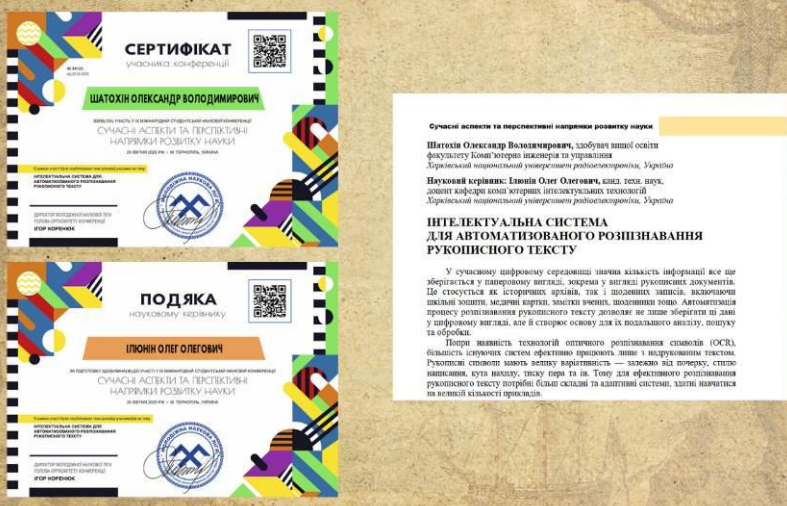
Малювання розпізнавання

Регістрація

Ім'я користувача: [input type="text"]
 Електронна пошта: [input type="text"]
 Пароль: [input type="password"]
 Підтвердити пароль: [input type="password"]
 Реєстрація

13

ВЛАСНА СТАТТЯ НА КОНФЕРЕНЦІЇ



СЕРТИФІКАТ
учасника конференції

ШАТОХІН ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ

керівник групи з комплексної інформаційної аналітики даних
СУЧАСНІ АСПЕКТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАПРЯВЛЕННЯ РОЗВИТКУ НАУКИ
 в Україні та за її межами, Україна

ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНО ПІРВІТЦЯ»
 ГОРЬКОГО, 10
 ЛЬВІВ, УКРАЇНА

ПОДЯКА
науковому керівнику

ІЛЮНІН ОЛЕГ ОЛЕГОВИЧ

керівник групи з комплексної інформаційної аналітики даних
СУЧАСНІ АСПЕКТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ НАПРЯВЛЕННЯ РОЗВИТКУ НАУКИ
 в Україні та за її межами, Україна

ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМНИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНО ПІРВІТЦЯ»
 ГОРЬКОГО, 10
 ЛЬВІВ, УКРАЇНА

Сучасні аспекти та перспективні напрямки розвитку науки

Шатохін Олександр Володимирович, здобувач вищої освіти факультету Кошів торговельно-економічного управління Львівський національний університет радіоелектроніки, Україна

Науковий керівник: Ілюнін Олег Олександрович, канд. техн. наук, доцент кафедри коливних інтелектуальних технологій Львівський національний університет радіоелектроніки, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПИЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ

У сучасному цифровому середовищі значна кількість інформації все ще зберігається у паперовому вигляді, зокрема у вигляді рукописних документів. Це створює як історичну, так і повсякденну загрозу втрати важливих записів, медичних карт, звітів вчених, шкільних зошитів. Автоматизація процесу розпізнавання рукописного тексту дозволяє не лише зберегти ці дані у цифровому вигляді, але й створити основу для їх подальшого аналізу, пошуку та обробки.

Перша перевага технологій оптичного розпізнавання символів (ОСР), більшість існуючих систем ефективно працюють лише з надрукованим текстом. Рукописні свідчать велику варіативність — залежно від почерку, стилю написання, кута нахилу, півку і т.д. Тому для ефективного розпізнавання рукописного тексту потрібні більш складні та адаптивні системи, здатні навчатися на великій кількості прикладів.

14

ВИСНОВКИ:

РОЗРОБЛЕНО ІНТЕЛЕКТУАЛЬНУ СИСТЕМУ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ НА ОСНОВІ ГЛИБОКОГО НАВЧАННЯ.

ВИЗНАЧЕНО ОБМЕЖЕННЯ ТРАДИЦІЙНИХ ПІДХОДІВ ДО НТР, ЗОКРЕМА НЕОБХІДНІСТЬ РУЧНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ, НИЗЬКУ ГНУЧКІСТЬ ДО ЗМІН ПОЧЕРКУ ТА СКЛАДНІСТЬ ОБРОБКИ ШУМНИХ ЗОБРАЖЕНЬ. ЗАПРОПОНОВАНЕ РІШЕННЯ БАЗУЄТЬСЯ НА СУЧАСНІЙ CRNN-АРХІТЕКТУРІ З ВИКОРИСТАННЯМ STC-ДЕКОДУВАННЯ ТА АЛГОРИТМУ ПОШУКУ СЛІВ ЗА СЛОВНИКОМ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ РОЗПІЗНАВАННЯ ТЕКСТУ З ВИСОКОЮ ТОЧНІСТЮ.

РЕАЛІЗОВАНО ПОВНОЦІННУ КЛІЄНТ-СЕРВЕРНУ СИСТЕМУ: МОДЕЛЬ РОЗМІЩЕНА НА СЕРВЕРІ З FLASK API, КЛІЄНТСЬКА ЧАСТИНА СТВОРЕНА НА БАЗІ REACT. ЗАБЕЗПЕЧЕНО ЗАВАНТАЖЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, PDF-ФАЙЛІВ, ZIP-АРХІВІВ З ВІДСКАНОВАНИМИ ЗОБРАЖЕННЯМИ, ОТРИМАННЯ ТА ЗАВАНТАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗПІЗНАВАННЯ, ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРІЇ ЗАПИТІВ І ЗРУЧНИЙ ІНТЕРФЕЙС ДЛЯ КОРИСТУВАЧА.

ПОДАЛЬШИЙ РОЗВИТОК СИСТЕМИ ВКЛЮЧАЄ ПІДТРИМКУ УКРАЇНСЬКОЇ МОВИ, РОЗШИРЕННЯ МОВНОЇ МОДЕЛІ, ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОМИЛОК, ОПТИМІЗАЦІЮ ПРОДУКТИВНОСТІ, А ТАКОЖ РОЗГОРТАННЯ У ВИГЛЯДІ ХМАРНОГО СЕРВІСУ АБО МОБІЛЬНОГО ЗАСТОСУНКУ.



ДОДАТОК Б

Сертифікат за участь у науковій конференції



СЕРТИФІКАТ

учасника конференції



IN 94123
від 25.04.2025

ШАТОХІН ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ

ВЗЯВ(-ЛА) УЧАСТЬ У ІХ МІЖНАРОДНІЙ СТУДЕНТСЬКІЙ НАУКОВІЙ КОНФЕРЕНЦІЇ

СУЧАСНІ АСПЕКТИ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ
НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ НАУКИ

25 КВІТНЯ 2025 РІК • М. ТЕРНОПІЛЬ, УКРАЇНА

В рамках участі було опубліковано тези доповіді учасника на тему:

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ
АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ
РУКОПИСНОГО ТЕКСТУ**

ДИРЕКТОР МОЛОДІЖНОЇ НАУКОВОЇ ЛІГИ
ГОЛОВА ОРГКОМІТЕТУ КОНФЕРЕНЦІЇ
ІГОР КОРЕНЮК

