НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
(повна назва інституту/факультету)

кафедра БІОМЕДИЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ
(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
В.о.завідувачки кафедри БМК

_____ Світлана АЛХІМОВА
(підпис) (ініціали, ПРІЗВИЩЕ

"___" __*червня*__2025р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Комп'ютерні технології в біології та медицині»
зі спеціальності *122 «Комп'ютерні науки»*

на тему: Веб-платформа для офтальмологів із систематизацією лікарських препаратів

Виконала: студентка **IV** курсу, групи _БС-13__

РОМАНЕНКО ВЕРОНІКА РУСЛАНІВНА _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник: *професор кафедри біомедичної кібернетики (БМК) д.т.н., проф. Кучанський Олександр Юрійович* _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по ініціали) (підпис)

Консультант з розділів дипломної роботи:

_____ _____
(назва розділу) (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент: *асистент кафедри біомедичної інженерії (БМІ)Царенко Микола Андрійович* _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка___ _____
(підпис)

Київ – 2025 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) БІОМЕДИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ
(повна назва)

Кафедра БІОМЕДИЧНОЇ КІБЕРНЕТИКИ
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні технології в біології та медицині»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о.завідувачки кафедри БМК
_____ Світлана АЛХІМОВА
«____» *квітень* 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студентці

РОМАНЕНКО ВЕРОНІЦІ РУСЛАНІВНІ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Веб-платформа для офтальмологів із систематизацією лікарських препаратів

керівник роботи
Кучанський Олександр Юрійович, д.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «____» *травня* 2025 р. №***5161-с***

2. Термін подання студентом роботи ***22-23 травня 2025 року***

3. Вихідні дані: *Реальні дані для виконання роботи отримано з офіційного інформаційного джерела "LikiControl" (https://likicontrol.com.ua), стандарти для збору анамнезу, стандарти розробки програмного забезпечення, API систем штучного інтелекту.*

4. Зміст роботи: *Проаналізувати наявні на базі практики літературу та відомі рішення за темою ДР. Проаналізувати та обрати засоби реалізації платформи. Створити та протестувати платформу. Провести розрахунок економічного ефекту за темою ДР. Зробити загальні висновки та визначитись з остаточною темою ДР до наказу.*

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) *Презентація на 15 слайдах*

6. Дата видачі завдання ***06 квітня 2025р.***

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримати завдання за темою ДР на практику	До 24.12.2024р.	***виконано***
2	Переддипломна практика. Виконання практичної частини ДР та додаткових розділів	1-4 тиждень за графіком практики	***виконано***
3	Виконання основних розділів ДР (Аналоги програмного забезпечення та огляд літературних джерел, Засоби реалізації веб-сайту, Обґрунтування вибору програмного середовища для реалізації поставленої задачі, Інформаційне забезпечення. Програмна реалізація та методика роботи веб-сайту, Узагальнення результатів роботи)	Протягом усієї практики	
4	Перевірка ДР науковим керівником	до 20.05.2025	
5	Подання в електронному вигляді ДР на перевірку нормоконтролера та плагіат (StrikePlagiarism.com). Доопрацювання ДР	Не пізніше 23.05.2025	
6	Отримати відгук від керівника ДР	Не пізніше 05.06.2025	
7	Надати пакету документів по ДР та супровідних до неї документів на засідання кафедри		
8	Подання ДР рецензенту. Отримання рецензії.	09.06 – 13.06.2025	
9	Захист ДР в ЕК	*16.06 - -21.06.2025*	

Студент _____ **Вероніка РОМАНЕНКО**
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник ДР _____ **Олександр КУЧАНСЬКИЙ**
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер _____ **Галина КОРНІЄНКО**
(підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота за темою «Веб-платформа для офтальмологів із систематизацією лікарських препаратів» виконана студенткою кафедри біомедичної кібернетики ФБМІ *Романенко Веронікою Русланівною зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні технології в біології та медицині» та* складається зі вступу, 5 розділів (*Аналоги програмного забезпечення та огляд літературних джерел, Засоби реалізації веб-сайту, Обґрунтування вибору програмного середовища для реалізації поставленої задачі, Інформаційне забезпечення. Програмна реалізація та методика роботи веб-сайту, Узагальнення результатів роботи)*, висновків до кожного з цих розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, який налічує 47 джерела. Загальний обсяг роботи 88 сторінок.

Актуальність теми. *Актуальність теми дипломної роботи пов'язана із задачею оптимізації роботи офтальмологів при призначенні лікарських препаратів. У сучасній офтальмологічній практиці лікарі стикаються з необхідністю обробки великого обсягу інформації про лікарські засоби, їх сумісність та протипоказання. Відсутність єдиної систематизованої бази даних саме офтальмологічних препаратів ускладнює процес призначення лікування та підвищує ризик лікарських помилок.*

Мета і завдання роботи.

Метою роботи є підвищення ефективності призначення лікування офтальмологічних захворювань за допомогою розробки спеціалізованої цифрової платформи із систематизацією лікарських препаратів.

Її досягнення передбачає вирішення наступних *завдань*:

1. Аналіз існуючих підходів та методів систематизації лікарських препаратів в офтальмології.
2. Аналіз програмних засобів для реалізації веб-платформи з інтеграцією AI-рекомендацій.

3. Розробка архітектури та програмного забезпечення платформи для офтальмологів.
4. Тестування розробленого програмного забезпечення.

Використані методи. *Метод порівняльного аналізу існуючих рішень, структурований збір даних з офіційного реєстру лікарських засобів, інтеграція з AI моделлю Claude через API Anthropic, оптимізація промптів для аналізу медичних даних, проектування мінімалістичного користувацького інтерфейсу та морфологічний аналіз для визначення економічної ефективності технічних рішень.*

Отримані результати. *В результаті виконання роботи створено веб-платформу VISIONARY RX для офтальмологів, яка забезпечує систематизацію лікарських препаратів, аналіз анамнезу пацієнта та формування персоналізованих рекомендацій препаратів з урахуванням клінічних особливостей пацієнта. Розроблена система відповідає українським медичним стандартам. Реалізовано функцію перевірки сумісності препаратів та пошуку аналогів.*

Апробація результатів роботи. Апробацію результатів було виконано на постерній сесії міжнародній конференції Complex Matter and AI: Connectivity, Information and Adaption, м. Гейло, Норвегія

Романенко В.Р., Кучанський О.Ю. Integration of existing artificial intelligence ARIs for adaptive drug therapy in ophthalmology. Complex Matter and AI: Connectivity, Information and Adaption: матеріали міжнародної конференції, м. Гейло, Норвегія, 2025. Posters. 1 с.

Публікації. Не передбачено

Ключові слова. *веб-платформа, офтальмологія, систематизація, фармакологія, персоналізація, API, рекомендації, діагностика, цифровізація, програмування*

Бібліографічний опис ДР

Романенко В. Р. Веб-платформа для офтальмологів із систематизацією лікарських препаратів : дипломна роб. бакалавра : 122 Комп'ютері науки / Романенко Вероніка Русланівна. – Київ, 2025. – 88 с.

ANNOTATION

Thesis on “Web platform for ophthalmologists with systematization of medicines” was performed by a student of the Department of Biomedical Cybernetics FBMI Veronika Romanenko Ruslanivna, specialty 122 “Computer Science” under the educational and professional program “Computer Technologies in Biology and Medicine” and consists of: introduction; 5 chapters (Software analogues and literature review, Website implementation tools, Justification of the choice of software environment for the task, Information software Software Implementation and Methods of Website Operation, Generalization of the Results), conclusions to each of these chapters; general conclusions; a list of references that includes 47 sources. The total volume of the work is 88 pages.

Relevance of the topic. *The relevance of the topic of the thesis is related to the task of optimizing the work of ophthalmologists in prescribing medications. In modern ophthalmologic practice, doctors are faced with the need to process a large amount of information about medicines, their compatibility and contraindications. The absence of a single systematized database of ophthalmic drugs complicates the process of prescribing treatment and increases the risk of medical errors.*

The aim and objectives of the study.

The aim of the study is to improve the efficiency of prescribing treatment for ophthalmic diseases by developing a specialized digital platform with a systematization of medicines.

Its achievement involves solving the following tasks:

1. Analysis of existing approaches and methods of drug systematization in ophthalmology.

2. Analysis of software tools for implementing a web platform with the integration of AI recommendations.

3. Development of the architecture and software of the platform for ophthalmologists.

4. Testing of the developed software.

Methods used. *The method of comparative analysis of existing solutions, structured data collection from the official drug registry, integration with the Claude AI model via the Anthropic API, optimization of medical data analysis routines, design of a minimalist user interface, and morphological analysis to determine the cost-effectiveness of technical solutions.*

Results. *The work resulted in the creation of the VISIONARY RX web platform for ophthalmologists, which provides systematization of medicines, analysis of patient's history and formation of personalized drug recommendations based on the patient's clinical characteristics. The developed system complies with Ukrainian medical standards and includes a function for checking drug compatibility and searching for analogs.*

Testing the results of the work. Based on the results of the work performed, 1 material was published at the international conference Complex Matter and AI: Connectivity, Information and Adaptation:

Romanenko V.R., Kuchanskyi O.Y. Integration of existing artificial intelligence ARIs for adaptive drug therapy in ophthalmology. Complex Matter and AI: Connectivity, Information and Adaptation: materials of the international conference, Geilo, Norway, 2025. Posters. 1 c.

Publications. Not provided

Keywords. *web platform, ophthalmology, systematization, pharmacology, personalization, API, recommendations, diagnostics, digitization, programming*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ **13**

ВСТУП **14**

РОЗДІЛ 1 АНАЛОГИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ **16**

1.1 Аналоги сучасного програмного забезпечення 16

1.2 Огляд нормативних документів 19

1.3 Відомі методи підбору препаратів, визначення сумісності та пошуку аналогів 20

Висновок з розділу 1 21

РОЗДІЛ 2 ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ ВЕБ-САЙТУ VISIONARY RX **22**

2.1 Архітектура веб-сайту на основі SPA 22

2.2 Фронтенд 23

2.2.1 JavaScript та CSS *23*

2.2.2 Бібліотека React *23*

2.2.3 React Router для навігації *23*

2.3 Бекенд 23

2.3.1 Мова програмування Python *23*

2.3.2 Фреймворк FastAPI *24*

2.4 База даних 24

2.5 Інтеграція з API Anthropic 25

2.6 Дизайнерські рішення 26

2.6.1 Обґрунтування кольорової гами *26*

2.6.2 Типографіка та шрифтові рішення *26*

2.6.3 Компонентний дизайн та модульність *27*

2.6.4 Візуальний зворотний зв'язок *27*

2.7 Відповідність медичним стандартам 27

2.7.1 Довідник *27*

2.7.2 База даних лікарських засобів *28*

2.8 Структура інтерфейсу 28

2.8.1 Принципи побудови *28*

2.9 WCAG 29

Висновок до розділу 2 29

РОЗДІЛ 3 Обґрунтування вибору програмного середовища для реалізації поставленої задачі **31**

3.1 Вибір платформи 31

3.2 Обґрунтування вибору архітектури SPA 32

3.3 Переваги використання обраної моделі ШІ 34

3.4 Адаптація до українських медичних стандартів 35

3.5 Обґрунтування дизайнерських рішень інтерфейсу 36

3.6 Обґрунтування економічної ефективності рішення 38

3.7 Забезпечення безпеки системи 40

Висновки до розділу 3 41

РОЗДІЛ 4 інформаційне забезпечення. Програмна реалізація та методика роботи ВЕБ-САЙТУ **43**

4.1 Взаємозв'язок компонентів 43

4.2 Основний потік даних у системі 45

4.3 Реалізація інтерфейсу користувача 47

4.3.1 Головний компонент App та його функціональність *47*

4.3.2 Компоненти та їх взаємодія *48*

4.4 Реалізація бази даних 55

4.4.1 Процес збору та підготовки даних *55*

4.4.2 Структура бази даних *56*

4.4.3 Реалізація репозиторію *58*

4.5 Форма анамнезу та її обробка 58

4.5.1 Структура компонента AnamnesisForm *59*

4.5.2 Збереження даних форми в localStorage *60*
4.5.3 Валідація даних форми *60*
4.5.4 Обробка відправлення форми *61*
4.6 Інтеграція з API Anthropic 62
4.6.1 Реалізація запитів до API Anthropic *62*
4.6.2 Структура промпту для аналізу анамнезу *62*
4.6.3 Обробка відповідей API Anthropic *63*
4.6.4 Механізми обробки помилок *63*
4.6.5 Переваги реалізованого підходу *64*
4.7 Відображення рекомендацій AI-асистента 65
4.7.1 Структура компонента AIRecommendation *65*
4.7.2 Управління станом та життєвим циклом компонента *65*
4.7.3 Візуалізація рекомендованих препаратів *65*
4.7.4 Механізм взаємодії з рекомендаціями *66*
4.8 Каталог препаратів 67
4.8.1 Структура компонента DrugsPage *67*
4.8.2 Завантаження даних про препарати *67*
4.8.3 Фільтрація та пошук препаратів *68*
4.8.4 Відображення списку препаратів *69*
4.8.5 Перегляд інструкції до препарату *70*
4.8.6 Додавання препарату до вибраних *71*
4.9 Результати тестування та валідації системи 71
4.10 Розрахунок економічного ефекту 74
Висновок до розділу 4 76
РОЗДІЛ 5 УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ **77**
5.1 Порівняльний аналіз системи VISIONARY RX з існуючими аналогами 77
5.2 Унікальні особливості системи VISIONARY RX 78
5.3 Потенційні обмеження системи 79

5.4 Перспективи розвитку системи 79
Висновок до розділу 5 80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

API — Application Programming Interface (інтерфейс програмування додатків)

БД — база даних

ВООЗ — Всесвітня організація охорони здоров'я

МНН — міжнародна непатентована назва

МОЗ — Міністерство охорони здоров'я

УКПМД — Уніфікований клінічний протокол медичної допомоги

АТС — Anatomical Therapeutic Chemical (анатомо-терапевтично-хімічна класифікація)

CSS — Cascading Style Sheets (каскадні таблиці стилів)

DAO — Data Access Object (об'єкт доступу до даних)

EHR — Electronic Health Record (електронна медична картка)

SPA — Single Page Application (односторінковий додаток)

WCAG — Web Content Accessibility Guidelines (настанови з доступності веб-контенту)

ШІ — штучний інтелект

DOM — Document Object Model (об'єктна модель документа)

UI — User Interface (інтерфейс користувача)

ВСТУП

Актуальність теми дипломної роботи пов'язана із задачею оптимізації роботи офтальмологів при призначенні лікарських препаратів. У сучасній офтальмологічній практиці лікарі зустрічаються з необхідністю обробки великого обсягу інформації про лікарські засоби, їх сумісність та протипоказання. Відсутність єдиної систематизованої бази даних офтальмологічних препаратів ускладнює процес призначення лікування та підвищує ризик лікарських помилок.

Мета і завдання роботи

Метою роботи є підвищення ефективності призначення лікування офтальмологічних захворювань за допомогою розробки спеціалізованої цифрової платформи із систематизацією лікарських препаратів.

Її досягнення передбачає вирішення наступних *завдань*:

1. Аналіз існуючих підходів та методів систематизації лікарських препаратів в офтальмології.
2. Аналіз програмних засобів для реалізації веб-платформи з інтеграцією AI-рекомендацій.
3. Розробка архітектури та програмного забезпечення платформи для офтальмологів.
4. Тестування розробленого програмного забезпечення.

Використані методи. *Метод порівняльного аналізу існуючих рішень, структурований збір даних з офіційного реєстру лікарських засобів, інтеграція з AI моделлю Claude через API Anthropic, оптимізація промптів для аналізу медичних даних, проектування мінімалістичного користувацького інтерфейсу та морфологічний аналіз для визначення економічної ефективності технічних рішень.*

Отримані результати. *В результаті виконання роботи створено веб-платформу VISIONARY RX для офтальмологів, яка забезпечує систематизацію лікарських препаратів, аналіз анамнезу пацієнта та формування персоналізованих рекомендацій щодо призначення лікарських препаратів з урахуванням клінічних особливостей пацієнта. Розроблена система відповідає українським медичним стандартам. Реалізовано функцію перевірки сумісності препаратів та пошуку аналогів.*

Апробація результатів роботи. Апробацію результатів було виконано на постерній сесії міжнародній конференції Complex Matter and AI: Connectivity, Information and Adaption, м. Гейло, Норвегія

Романенко В.Р., Кучанський О.Ю. Integration of existing artificial intelligence ARIs for adaptive drug therapy in ophthalmology. Complex Matter and AI: Connectivity, Information and Adaption: матеріали міжнародної конференції, м. Гейло, Норвегія, 2025. Posters. 1 с.

Публікації. Не передбачено

Структура роботи

Дипломна робота за темою «Веб-платформа для офтальмологів із систематизацією лікарських препаратів» виконана студенткою *Романенко Веронікою Русланівною зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні технології в біології та медицині»*, побудована за класичним типом та викладена на 88 сторінках машинописного тексту. Вона складається зі вступу, 5 розділів (*Аналоги програмного забезпечення та огляд літературних джерел, Засоби реалізації веб-сайту, Обґрунтування вибору програмного середовища для реалізації поставленої задачі, Інформаційне забезпечення. Програмна реалізація та методика роботи веб-сайту, Узагальнення результатів роботи)*, висновків до кожного з цих розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, який налічує 47 джерела. В роботі представлено 26 рисунків.

РОЗДІЛ 1
АНАЛОГИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

У даному розділі представлено детальний огляд існуючих програмних рішень у сфері медичних систем, які стали важливою основою для розробки проєкту Visionary RX, а також розглянуто основні підходи до класифікації препаратів, котрі застосовуються в даній галузі та нормативні документи.

1.1 Аналоги сучасного програмного забезпечення

В цьому розділі розглядаються відомі аналоги програмного забезпечення, що використовується для систематизації лікарських препаратів та підтримки прийняття клінічних рішень у офтальмології. Проведений аналіз спрямований на виявлення функціональних та технічних обмежень розглянутих рішень, що обґрунтовують необхідність розробки спеціалізованої веб-платформи для офтальмологів.

Epocrates — популярний мобільний додаток, який надає доступ до бази даних лікарських препаратів, у тому числі офтальмологічних. Відповідно до дослідження Manhattan Research "Taking the Pulse 2013", цей додаток використовують понад 70% лікарів у США на смартфонах та 50% — на планшетах [21]. Система має інструмент перевірки взаємодій препаратів, однак обмежується довідниковим форматом без персоналізації рекомендацій і не пропонує підбір препаратів на основі анамнезу пацієнта. Суттєвим обмеженням Epocrates є відсутність спеціалізації саме на офтальмологічних препаратах, що знижує його цінність для вузькопрофільних спеціалістів [10].

Lexi-Interact — провідний інструмент для перевірки взаємодії лікарських засобів, який згідно з дослідженням Rahmanzadeh та співавторів (2016), отримав найвищу оцінку за точність (250 балів з 400 можливих) та

сукупний показник точності та повноти (370 балів з 534 можливих) [26]. Система класифікує взаємодії за рівнем ризику від незначних до протипоказаних та надає детальні рекомендації щодо клінічного ведення пацієнтів. Згідно з дослідженням Patel і Beckett (2016), Lexi-Interact продемонстрував одні з найвищих показників обсягу інформації (97,0%), поступаючись лише Clinical Pharmacology Drug Interaction Report за даним параметром [23].

IBM Watson Health — система, що використовує технології когнітивного обчислення та машинного навчання для аналізу медичних даних та надання рекомендацій щодо лікування [16]. Система здатна обробляти неструктуровані дані, включаючи медичні карти пацієнтів, та пропонувати рекомендації на основі доказової медицини. За даними клінічних випробувань, опублікованих в Healthcare IT News (2019), Watson for Oncology демонструє здатність впливати на зміну клінічних рішень у 13,6% випадків, що підтверджує його ефективність [16]. Проте, високий поріг входження, значна вартість інтеграції та необхідність доступу до великих обсягів даних для навчання моделей обмежують доступність цього рішення для більшості медичних закладів [14].

UpToDate — клінічна база знань на основі доказових даних, яка містить рекомендації щодо діагностики та лікування різних захворювань, включаючи офтальмологічні патології [31]. Дослідження, проведене Shimizu та співавторами (2018), показало, що використання UpToDate у клінічній практиці значно зменшує частоту діагностичних помилок. У дослідженні лікарі, які використовували UpToDate, мали рівень діагностичних помилок лише 2%, тоді як у контрольній групі без доступу до системи цей показник становив 24% [29].

Compulink Healthcare Solutions — спеціалізована медична інформаційна система для офтальмології, яка включає електронні медичні карти (EHR), систему управління практикою та модуль для амбулаторних хірургічних центрів. Згідно з інформацією від компанії (2020), система

гарантує підвищення ефективності клініки, дозволяючи лікарям приймати на одного пацієнта більше щодня вже через 90 днів після впровадження [5]. Програмне забезпечення має функції штучного інтелекту, які автоматизують рутинні задачі, включаючи перевірку відповідності вимогам, генерацію запитів на оплату та збір платежів. Система також включає інтеграцію з офтальмологічним обладнанням, модуль для управління оптикою та систему управління інвентарем [22]. За даними компанії, їхнє рішення використовується більш ніж 20 000 постачальників медичних послуг у понад 4 700 локаціях та 80 амбулаторних хірургічних центрах [3]. Однак, як зазначають користувачі в оглядах, система має складний процес налаштування та потребує тривалого періоду адаптації.

Epic Systems — гігант у сфері електронних медичних карт (EHR) [7]. Компанія інтегрує штучний інтелект у своє програмне забезпечення для пацієнтів, клініцистів та медичних операцій [9]. Епіс розробляє приблизно 125 функцій на базі штучного інтелекту, включаючи розмовних AI-агентів, які допомагають пацієнтам готуватись до візитів [7]. Компанія розробила технологію MyChart, яка автоматично складає відповіді на повідомлення пацієнтів. Ця функція використовується у 150 системах охорони здоров'я з 1 мільйоном згенерованих чернеток щомісяця [7]. У клініці Мауо медсестри заощаджують у середньому 30 секунд на кожному повідомленні. Організації відзначають зменшення когнітивного навантаження та стресу [7].

Drugs.com — сайт надає безкоштовний доступ до перевіреної, точної та незалежної інформації про понад 24 000 рецептурних препаратів, безрецептурних ліків та натуральних продуктів [6]. Дозволяє шукати інформацію про ліки та захворювання, ідентифікувати невідомі таблетки, перевіряти взаємодії між ліками, аналізувати симптоми та отримувати дані про побічні ефекти, ітд [6].

RxNav — браузер RxNorm та програмні інтерфейси (API), які підтримують впровадження і поширення стандартної термінології ліків RxNorm від Національної медичної бібліотеки (NLM) [28]. Він дозволяє

знаходити ліки в RxNorm за назвами та кодами. Поряд з основним браузером, система включає додаткові інструменти: RxClass (для дослідження ієрархій класів і пошуку ліків у кожному класі), різноманітні API для отримання даних із джерел інформації про ліки, RxMix (для створення користувацьких додатків), та RxNav-in-a-Box (локально встановлювана версія всіх цих інструментів) [28].

1.2 Огляд нормативних документів

Для забезпечення відповідності розроблюваної веб-платформи актуальним вимогам необхідно проаналізувати нормативні документи. Такий аналіз дозволяє врахувати офіційні стандарти доступності веб-контенту та клінічні протоколи, що регламентують діагностику і лікування офтальмологічних захворювань в Україні. Відповідність даним документам є важливою умовою для успішного впровадження веб-сайту.

Web Content Accessibility Guidelines - настанови з доступності веб-контенту (WCAG) 2.2 охоплюють широкий спектр рекомендацій, як зробити веб-контент більш доступним. Дотримання цих настанов зробить контент доступнішим для ширшого кола людей з обмеженими можливостями, але не задовольнить усі потреби користувачів з цими порушеннями. Ці настанови стосуються доступності веб-контенту на будь-яких пристроях (включаючи настільні комп'ютери, ноутбуки, кіоски та мобільні пристрої). Дотримання цих настанов також часто робить веб-контент більш зручним для користувачів загалом.[32]

Уніфікований клінічний протокол первинної, вторинної (спеціалізованої), третинної (високоспеціалізованої) медичної допомоги «Порушення рефракції та акомодації: міопія, гіперметропія, астигматизм, анізометропія, пресбіопія, порушення акомодації, амбліопія, кератоконус, контактна корекція зору» (УКПМД) - за своєю формою, структурою та методичним підходом щодо використання вимог доказової медицини

створено згідно методики, затвердженої наказом Міністерства охорони здоров’я України № 751 від 28.09.2012 р. «Про створення та впровадження медико-технологічних документів зі стандартизації медичної допомоги в системі Міністерства охорони здоров’я України», зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 29.11.2012 р. за №2001/22313.[36; 41]

1.3 Відомі методи підбору препаратів, визначення сумісності та пошуку аналогів

Методи підбору препаратів за допомогою штучного інтелекту

Технології штучного інтелекту (ШІ) активно розвиваються в персоналізованій або точній медицині, де підбирається лікування відповідно до індивідуальних особливостей стану здоров'я та способу життя пацієнта. Системи ШІ дозволяють оптимізувати час і дозувати ліки для окремих пацієнтів.[40]

В Оксфордському університеті розроблено ШІ-інструмент DrugGPT, який допомагає лікарям при призначенні ліків пацієнтам. Цей інструмент виступає як помічник, що надає альтернативну думку щодо призначення та допомагає уникнути помилок.[42]

Методи визначення сумісності лікарських препаратів

Взаємодія лікарських засобів є важливим фактором, що може призвести до побічних реакцій. Існує кілька типів взаємодії: фармацевтична (пов'язана з фізико-хімічними взаємодіями), фармакокінетична (зміна фармакокінетичних характеристик) та фармакодинамічна (зміна ефектів препаратів). [34]

Методи пошуку аналогів лікарських препаратів

Пошук аналогів лікарських засобів у сучасних сервісах здійснюється за міжнародною АТС-класифікацією, яка дозволяє систематизувати препарати за терапевтичним призначенням.[38] Також є пошук за МНН – унікальне найменування діючої речовини лікарського засобу, рекомендоване

Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ). За МНН засоби наводяться у протоколах лікування, що спрощує пошук аналогів.[39]

Висновок з розділу 1

У даному розділі було проведено критичний аналіз програмних аналогів, нормативних документів та методів систематизації лікарських препаратів. Виявлено суттєві розриви між потребами українських офтальмологів та можливостями існуючих програмних рішень. Як відсутність спеціалізації на офтальмології, більшість систем (Epocrates, Drugs.com, Lexi-Interact) є універсальними медичними довідниками, що не враховують специфіку офтальмологічної практики. Невідповідність українським стандартам, так як всі проаналізовані системи орієнтовані на закордонні ринки та не враховують специфіку українських клінічних протоколів і фармацевтичного ринку. Враховуючи високу вартість впровадження, рішення від таких постачальників як IBM Watson Health, Epic Systems та Compulink Healthcare Solutions мають значну вартість, що обмежує їх доступність для більшості українських медичних закладів. Також відсутність інтеграції аналізу анамнезу з підбором препаратів у розглянутих систем не пропонують комплексного підходу, який би поєднував аналіз анамнезу пацієнта з персоналізованим підбором офтальмологічних препаратів. Складність інтерфейсу та високий поріг входження, більшість систем, особливо IBM Watson Health, Epic, Compulink мають перевантажений інтерфейс та вимагають тривалого навчання для ефективного використання.

Виявлені розриви обґрунтовують необхідність розробки спеціалізованої веб-платформи для офтальмологів, яка б забезпечувала систематизацію лікарських препаратів з урахуванням українських стандартів, мала інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та була доступною для впровадження в українських медичних закладах.

РОЗДІЛ 2
ЗАСОБИ РЕАЛІЗАЦІЇ ВЕБ-САЙТУ VISIONARY RX

В цьому розділі описано архітектуру системи, обґрунтовано вибір технологій для фронтенду та бекенду, розглянуто структуру бази даних та особливості інтеграції зі штучним інтелектом. Особлива увага приділяється дизайнерським рішенням, медичним стандартам та принципам доступності.

2.1 Архітектура веб-сайту на основі SPA

Для реалізації системи підбору препаратів на основі анамнезу пацієнта була обрана архітектура одно-сторінкового додатку (Single Page Application, SPA) з повноцінною інтеграцією бази даних та модуля штучного інтелекту. Цей вибір зумовлений характерними перевагами даної архітектури для медичних інформаційних систем. SPA дозволяє забезпечити швидкість взаємодії з користувачем, оскільки платформа завантажує необхідний код під час ініціалізації, що уможливлює миттєву реакцію на дії користувача без перезавантаження сторінки.[30]

Обрана архітектура також забезпечує збереження стану додатку, що дозволяє зберігати введені дані анамнезу та обрані препарати при переході між розділами системи. Оптимізація мережевого трафіку досягається завдяки обміну з сервером лише даними, а не повним HTML-контентом, що зменшує навантаження на мережу та підвищує швидкодію платформи навіть при роботі з повільним інтернет-з'єднанням. [30]

Взаємодія між компонентами системи реалізована таким чином, що забезпечує гнучкість, масштабованість та можливість незалежного розвитку окремих модулів. Потік даних у системі організований наступним чином: користувач вводить дані анамнезу через фронтенд, які передаються на бекенд, де оброблюються модулем штучного інтелекту; результати аналізу

комбінуються з даними про препарати з бази даних, після чого інформація про рекомендовані препарати, їх аналоги та потенційні несумісності повертається на фронтенд для візуалізації.

2.2 Фронтенд

2.2.1 JavaScript та CSS

JavaScript обрано як основну мову програмування для фронтенду завдяки її універсальності та широкій підтримці в усіх сучасних браузерах. Ця мова забезпечує можливість створення динамічних інтерфейсів та асинхронну взаємодію з сервером без перезавантаження сторінки.[19]

Стилізація компонентів VISIONARY RX реалізована за допомогою модульного CSS-підходу, де кожен компонент має власний CSS-файл. Це забезпечує інкапсуляцію стилів, запобігає конфліктам та спрощує підтримку.[19]

2.2.2 Бібліотека React

Для розробки інтерфейсу користувача обрано бібліотеку React, що забезпечує компонентний підхід до розробки UI. React дозволяє створювати повторно використовувані, незалежні компоненти, які ефективно оновлюються при зміні даних завдяки віртуальному DOM.[27]

2.2.3 React Router для навігації

Для організації навігації між різними сторінками додатку використовується бібліотека React Router, що дозволяє реалізувати концепцію SPA з можливістю навігації без перезавантаження сторінки.[27]

2.3 Бекенд

2.3.1 Мова програмування Python

Python обраний як основна мова програмування для бекенду завдяки його ефективності у розробці веб-додатків. Python забезпечує зручний синтаксис, багату стандартну бібліотеку та підтримку асинхронного програмування.[25]

2.3.2 Фреймворк FastAPI

Для розробки REST API використовується фреймворк FastAPI, що забезпечує високу продуктивність та зручний інструментарій для створення API. FastAPI базується на стандарті ASGI та надає вбудовану підтримку асинхронних операцій.[12]

2.4 База даних

У проекті VISIONARY RX для зберігання даних про офтальмологічні препарати використовується PostgreSQL – об'єктно-реляційна система управління базами даних з відкритим кодом. Вибір PostgreSQL для медичної інформаційної системи є обґрунтованим завдяки його надійності, відмовостійкості та широким можливостям для роботи зі складними структурами даних, необхідними для повноцінного представлення інформації про лікарські засоби. [24]

PostgreSQL демонструє високу продуктивність при обробці складних запитів та забезпечує повну відповідність принципам ACID (атомарність, узгодженість, ізольованість, довговічність), що потрібно для систем, які працюють з медичними даними. Гнучкість PostgreSQL дозволяє ефективно зберігати різнотипні дані, включаючи інформацію про препарати, їх активні компоненти та аналоги, тощо. [24] Відповідно до потреб системи, поточна структура бази даних реалізована як показано на рис. 2.1.

Використання розширення pgvector для PostgreSQL може оптимізувати аналіз анамнезу пацієнтів у VISIONARY RX.[24] Перетворення текстових даних анамнезу у векторні представлення дозволить системі відбирати релевантні інструкції до препаратів на основі семантичної близькості до анамнезу пацієнта.

Це значно зменшить кількість токенів при використанні API Anthropic, знизить вартість та потенційно підвищить якість рекомендацій через зменшення "шуму". Додатково, векторні можливості забезпечать семантичний

пошук медичних даних, знаходячи схожі випадки навіть при різній термінології.

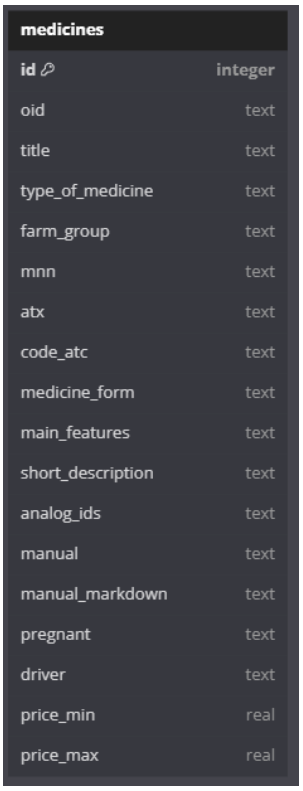

Рисунок 2.1 - Схема бази даних

2.5 Інтеграція з API Anthropic

API Anthropic - це інтерфейс програмування додатків, розроблений компанією Anthropic для надання доступу до моделей Claude. Claude представляє собою сімейство великих мовних моделей (LLM), розроблених з фокусом на безпеку, корисність та можливість управління. Модель Claude має сильні мовні здібності, може аналізувати текст, пояснювати складні концепції, проводити логічні міркування та генерувати релевантний контент відповідно до запитів користувача. [1]

Для проекту VISIONARY RX була обрана модель "claude-3-7-sonnet-20250219", що є однією з найсильніших у Claude, демонструючи високу точність при роботі з медичними даними. Ця модель здатна інтерпретувати

складний анамнез пацієнта, виділяти ключові медичні факти та генерувати обґрунтовані рекомендації щодо офтальмологічних препаратів.[1]

В процесі розробки було розглянуто також альтернативні API для інтеграції: OpenAI GPT та DeepSeek. OpenAI GPT має широку базу знань, проте демонстрував менш стабільні результати при обробці офтальмологічних термінів та частіше генерував "галюцинації" при рекомендації препаратів. DeepSeek під час тестування регулярно видавав помилки серверу, що призводило до переривання процесу аналізу анамнезу.

2.6 Дизайнерські рішення

2.6.1 Обґрунтування кольорової гами

Кольорова схема розроблена з урахуванням специфіки медичного застосунку:

- **Основні відтінки синього** (#3498db, #2c3e50) символізують надійність, професіоналізм та спокій.
- **Білий та світло-сірий** (#f5f7fa, #ecf0f1) як основні фонові кольори забезпечують високий контраст із текстом, що важливо для тривалої роботи з інтерфейсом.
- **Зелений** (#2ecc71, #27ae60) для позитивних дій (додавання препаратів, сумісність)
- **Червоний** (#e74c3c, #c0392b) для попереджень (несумісність препаратів)

Така палітра відповідає психологічному впливу кольорів у медичному контексті, де синій викликає довіру, зелений асоціюється зі здоров'ям, а червоний ефективно сигналізує про необхідність уваги.

2.6.2 Типографіка та шрифтові рішення

Для медичного застосунку досить важлива читабельність та точність відображення інформації:

- **Основний шрифт**: Arial (без засічок) обрано завдяки високій читабельності навіть при малих розмірах.
- **Ієрархія заголовків**: Чітка градація розмірів (24px → 20px → 18px → 16px) дозволяє швидко орієнтуватися в інтерфейсі
- **Контраст**: Темний текст на світлому фоні забезпечує оптимальну читабельність (#2c3e50, #34495e).

2.6.3 Компонентний дизайн та модульність

Дизайн VISIONARY RX побудований на модульному принципі:

- **Картки препаратів**: Єдиний формат представлення даних для полегшення порівняння.
- **Кнопки дій**: Уніфікований дизайн з чітким візуальним відображенням стану.
- **Форми введення**: Оптимізовані для введення медичних даних з можливістю розширення полів.

2.6.4 Візуальний зворотний зв'язок

Для покращення користувацького досвіду реалізовано систему візуального зворотного зв'язку:

- Зміна стану елементів при наведенні
- Візуальна індикація вибраних препаратів
- Ненав'язливі анімації для плавного переходу між станами

2.7 Відповідність медичним стандартам

2.7.1 Довідник

Інформаційний довідник системи містить матеріали зі збірника праць науково-практичної конференції офтальмологів ("Рефракційний пленер'24", за ред. проф. С. О. Рикова). Матеріали надані авторитетними організаціями:

НМУ імені О.О. Богомольця, ГО «Асоціація дитячих офтальмологів та оптометристів України» та іншими профільними асоціаціями. Статті структуровані за основними напрямками офтальмології та оформлені за стандартами медичних публікацій.[35]

2.7.2 База даних лікарських засобів

База даних офтальмологічних препаратів розроблена на основі офіційного реєстру Державної служби України з лікарських засобів та контролю за наркотиками (likicontrol.com.ua). Вона містить понад 16 000 актуальних препаратів з усіма необхідними характеристиками: форми випуску, концентрації, дозування, показання та протипоказання, тощо. Інформація регулярно оновлюється відповідно до змін в офіційному реєстрі.[36]

2.8 Структура інтерфейсу

Принципи побудови

Інтерфейс платформи VISIONARY RX побудований на основі принципів медичного програмного забезпечення, з урахуванням специфіки роботи лікарів. Основними принципами, закладеними в основу структури інтерфейсу, є:

Клінічно-орієнтований підхід – інтерфейс відображає типовий робочий процес лікаря: збір анамнезу, аналіз даних, призначення препаратів, перевірка сумісності призначень.

Просторове зонування – чітке розділення інтерфейсу на функціональні зони для різних етапів роботи лікаря, що мінімізує когнітивне навантаження.

Мінімалізм у дизайні – відсутність зайвих елементів, що відволікають увагу від основних робочих процесів.

Інформаційна ієрархія – найважливіша інформація виділяється візуально та розміщується на перший план.

Передбачуваність взаємодії – інтуїтивно зрозумілі елементи керування з послідовним реагуванням на дії користувача.

2.9 WCAG

Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) — це міжнародний стандарт доступності веб-контенту, розроблений консорціумом W3C у рамках Ініціативи веб-доступності (WAI). Дотримання цих стандартів є важливим аспектом розробки сучасних веб-додатків, особливо в медичній сфері.[32]

При проектуванні VISIONARY RX було прийнято рішення імплементувати базові принципи WCAG, що забезпечує покращений доступ до системи для користувачів з різними потребами. Хоча повної відповідності рівню AA на поточному етапі розробки не досягнуто, впровадження основних принципів доступності створює фундамент для подальшого вдосконалення системи.[32]

Це рішення обґрунтовано прагненням зробити медичний інструмент доступним для ширшого кола офтальмологів, включаючи фахівців з різними фізичними можливостями, оскільки це відповідає етичним принципам медичної практики та забезпечує рівні можливості для всіх медичних працівників.

Можемо виділити наступні пункти стандарту, яким відповідає реалізація:

- Семантична структура з відповідними ролями ARIA
- Підтримка режиму високого контрасту
- Можливість зміни розміру тексту без втрати функціональності
- Текстові альтернативи для нетекстового контенту

Висновок до розділу 2

У даному розділі було розглянуто технічні засоби реалізації платформи VISIONARY RX, що спрямовані на подолання виявлених розривів у існуючих рішеннях для офтальмологів. Архітектура системи побудована за принципом SPA, що забезпечує оптимальну швидкість взаємодії та ефективність роботи,

вирішуючи проблему повільної навігації, характерну для традиційних медичних систем. Фронтенд реалізовано з використанням JavaScript, модульного CSS та бібліотеки React, що формує основу для мінімалістичного інтерфейсу з низьким порогом входження. Це технічне рішення спрямоване на подолання проблеми перевантажених та складних інтерфейсів, виявлених у аналогах. Для бекенду застосовано Python з фреймворком FastAPI, що надає високу швидкодію. В якості сховища даних обрано PostgreSQL з можливістю використання розширення pgvector, що технічно забезпечує ефективну роботу з великими обсягами медичних даних та оптимізує аналіз текстових даних анамнезу. Ключовим елементом, що усуває недоліки попередніх рішень у персоналізації рекомендацій, є інтеграція з API Anthropic через модель Claude 3.7 Sonnet, що надає можливості аналізу медичних даних та генерації рекомендацій. Дизайнерські рішення системи технічно реалізовані з урахуванням психологічного впливу кольорів у медичному контексті та забезпечують читабельність медичної інформації. Інформаційне наповнення базується на матеріалах з авторитетних українських джерел та офіційного реєстру лікарських засобів України, що технічно забезпечує відповідність системи українським медичним стандартам і подолання проблеми невідповідності зарубіжних систем локальним вимогам. Впроваджено базові принципи WCAG для технічного забезпечення доступності системи для ширшого кола офтальмологів, що також сприяє подоланню бар'єрів входження.

Описаний технічний стек та підходи до дизайну формують фундамент для створення спеціалізованої веб-платформи, що долає ключові розриви, виявлені в аналізі аналогів. Детальне обґрунтування вибору елементів системи з порівняльним аналізом буде представлено в наступному розділі."

РОЗДІЛ 3
ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

У даному розділі обґрунтовано вибір програмних, архітектурних та інтелектуальних засобів реалізації системи VISIONARY RX на основі порівняльного аналізу існуючих аналогів. Проаналізовано переваги обраної веб-платформи, архітектури SPA, моделі штучного інтелекту та особливості адаптації до українських медичних стандартів. Розглянуто дизайнерські рішення.

3.1 Вибір платформи

При проектуванні системи VISIONARY RX було прийнято рішення на користь веб-платформи замість мобільного додатку. Аналіз таких популярних аналогів як Epocrates, що використовується понад 70% лікарів у США на смартфонах, показав суттєві обмеження мобільних рішень.[21]

Epocrates страждає від пристрій-залежності, вимагаючи окремих версій для iOS та Android, що ускладнює підтримку та оновлення. Додаток обмежується довідниковим форматом без персоналізації рекомендацій і не інтегрує аналіз анамнезу з підбором препаратів. Користувачі змушені постійно перемикатися між розділами, самостійно зіставляючи дані пацієнта з інформацією про препарати.

Drugs.com, хоча й надає доступ до великої бази даних препаратів, також функціонує як ізольований довідник без можливості інтеграції з робочим процесом офтальмолога. Користувачі змушені вручну перевіряти взаємодії між препаратами, що збільшує ризик помилок та знижує ефективність роботи.

На відміну від цих аналогів, веб-платформа VISIONARY RX забезпечує:

Універсальність доступу — система доступна з будь-якого пристрою

(комп'ютер, планшет, смартфон) з сучасним браузером без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення. Це принципова перевага порівняно з Epocrates, який вимагає встановлення специфічної версії для кожної операційної системи.

Безперервність робочого процесу — лікар може розпочати роботу на комп'ютері в кабінеті та продовжити на планшеті під час обходу, без необхідності синхронізації даних між пристроями. Epocrates та подібні мобільні додатки не забезпечують такої гнучкості.

Миттєві оновлення — централізоване розгортання веб-додатку дозволяє моментально надавати користувачам доступ до оновлених даних про лікарські засоби та нових функцій, без очікування схвалення в магазинах додатків, характерного для Epocrates.

Відсутність проблем з пам'яттю пристрою — на відміну від мобільних додатків, які займають обмежену пам'ять смартфонів, веб-платформа не потребує локального зберігання великої бази даних.

Інтеграція з робочим середовищем — більшість українських офтальмологічних клінік вже використовують комп'ютери для основної роботи, тому веб-платформа природно інтегрується в існуючі робочі процеси, на відміну від мобільних рішень, які потребують додаткового пристрою.

Окрім того, веб-платформа краще відповідає особливостям українських медичних закладів, які мають нерівномірно розвинуту IT-інфраструктуру та переважно стаціонарний режим роботи офтальмологів. У кризових ситуаціях веб-платформа забезпечує можливість доступу з різних локацій.

3.2 Обґрунтування вибору архітектури SPA

Для системи VISIONARY RX була обрана архітектура одно-сторінкового додатку (Single Page Application, SPA), що базується на порівняльному аналізі існуючих аналогів та їх архітектурних обмежень.

Довідникові системи, такі як Epocrates та Drugs.com, використовують традиційну багатосторінкову архітектуру, що обмежує інтерактивність взаємодії. Epocrates обмежується довідниковим форматом без можливості персоналізації та рекомендацій на основі анамнезу, що ускладнює процес прийняття комплексних клінічних рішень.

Інструменти перевірки взаємодій, як Lexi-Interact, побудовані на традиційній архітектурі, де кожен новий запит вимагає повного перезавантаження сторінки. Хоча Lexi-Interact і класифікує взаємодії за рівнем ризику та надає рекомендації щодо клінічного ведення, відсутність безперервного робочого процесу значно сповільнює роботу лікаря при аналізі складних клінічних випадків.

Compulink Healthcare Solutions, попри спеціалізацію на офтальмології, має складний процес налаштування та вимагає тривалого періоду адаптації, що свідчить про архітектурну негнучкість системи. Жорстка інтеграція компонентів часто не відповідає різноманітним сценаріям використання в офтальмологічній практиці.

На відміну від зазначених аналогів, архітектура SPA, обрана для VISIONARY RX, забезпечує:

Безперервний робочий процес з анамнезом — збереження стану додатку при навігації між різними функціональними розділами дозволяє лікарю постійно мати доступ до введених даних анамнезу та обраних препаратів. Це принципово відрізняється від Epocrates та Lexi-Interact, де перехід між розділами вимагає повторного введення даних.

Швидку реакцію інтерфейсу — завантаження необхідного коду при ініціалізації забезпечує миттєву реакцію на дії користувача без перезавантаження сторінки. Це суттєва перевага порівняно з Lexi-Interact та UpToDate, де перехід між розділами вимагає очікування завантаження нової сторінки.

Ефективність у складних мережевих умовах — обмін з сервером лише даними, а не повним HTML-контентом, зменшує мережевий трафік та

підвищує швидкодію навіть при повільному інтернет-з'єднанні. Ця особливість особливо важлива порівняно з IBM Watson Health, який потребує стабільного високошвидкісного з'єднання.

Модульна організація — гнучка взаємодія між компонентами системи дозволяє уникнути проблем складного налаштування, характерних для Compulink. Модульний підхід забезпечує можливість незалежного розвитку окремих функціональних блоків.

Організація потоку даних у VISIONARY RX також ефективно вирішує обмеження аналогів. Інтеграція аналізу анамнезу з підбором препаратів у єдиний процес відрізняє систему від Epocrates, який не пропонує підбір препаратів на основі анамнезу.

3.3 Переваги використання обраної моделі ШІ

Для інтелектуального аналізу анамнезу та формування персоналізованих рекомендацій у VISIONARY RX обрано модель Claude 3.7 Sonnet від Anthropic. Цей вибір ґрунтується на аналізі обмежень існуючих аналогів.

IBM Watson Health, хоча й використовує технології когнітивного обчислення для аналізу медичних даних, має високий поріг входження, та необхідність доступу до великих обсягів даних для навчання. Крім того, система первинно орієнтована на онкологію, а не на офтальмологію, що знижує її ефективність у цій спеціалізації.

Epic Systems інтегрує штучний інтелект переважно для автоматизації адміністративних процесів (відповіді на повідомлення пацієнтів, підготовка до візитів), але не для спеціалізованого аналізу офтальмологічного анамнезу та підбору препаратів.

Epocrates та Lexi-Interact взагалі не використовують технології штучного інтелекту для аналізу анамнезу, обмежуючись базами даних із заздалегідь визначеними взаємодіями препаратів.

Claude 3.7 Sonnet, обрана для VISIONARY RX, забезпечує ряд

контекстуальне розуміння медичних даних — модель встановлює взаємозв'язки між різними елементами анамнезу, що забезпечує комплексний аналіз стану пацієнта, на відміну від IBM Watson Health, який потребує структурованих даних у специфічному форматі.

3.4 Адаптація до українських медичних стандартів

Аналіз існуючих аналогів виявив критичну проблему їх застосування в українському медичному середовищі – відсутність локалізації та адаптації до національних стандартів, протоколів та фармацевтичного ринку України.

Epocrates, Lexi-Interact, IBM Watson Health та UpToDate орієнтовані переважно на американський або європейський ринки. Epocrates не містить інформації про значну частину препаратів, зареєстрованих в Україні. Lexi-Interact базується на американській класифікації лікарських засобів, що не повністю відповідає українським реаліям. UpToDate орієнтований на міжнародні стандарти, які можуть відрізнятися від протоколів МОЗ України. Drugs.com не враховує специфіку українського фармацевтичного ринку та доступність препаратів.

VISIONARY RX має комплексну адаптацію до українських медичних стандартів:

Структура анамнезу розроблена відповідно до Уніфікованого клінічного протоколу медичної допомоги щодо порушень рефракції та акомодації (Наказ МОЗ України № 827). Форма включає всі необхідні поля згідно з протоколом: вік, стать, алергії, поточні препарати, очний анамнез, хронічні захворювання, сімейний анамнез, діагноз та симптоми.[36; 41] На відміну від аналогів, які використовують універсальні форми, така спеціалізована структура забезпечує точний збір клінічно значущої інформації відповідно до українських протоколів.

База даних препаратів розроблена на основі офіційного реєстру Державної служби України з лікарських засобів та контролю за наркотиками.

Вона містить понад 16 000 актуальних препаратів з усіма необхідними характеристиками, включаючи форми випуску, концентрації, дозування, показання та протипоказання.[36]

Інформаційний довідник системи містить матеріали зі збірника праць науково-практичної конференції офтальмологів ("Рефракційний пленер'24"), надані авторитетними українськими організаціями: НМУ імені О.О. Богомольця, ГО «Асоціація дитячих офтальмологів та оптометристів України» та іншими профільними асоціаціями. На відміну від міжнародних систем, які базуються на рекомендаціях FDA, EMA або інших зарубіжних регуляторів, VISIONARY RX спирається на експертизу української офтальмологічної спільноти.[35]

Ця адаптація забезпечує юридичну відповідність (компоненти системи відповідають чинним нормативним актам МОЗ України)[37; 41], клінічну релевантність (рекомендації базуються на українських протоколах) та практичну застосовність (система рекомендує лише ті препарати, які офіційно зареєстровані та доступні в Україні).

3.5 Обґрунтування дизайнерських рішень інтерфейсу

Аналіз інтерфейсів існуючих аналогів виявив суттєві обмеження, які негативно впливають на ефективність роботи офтальмологів та потребують значного часу для освоєння системи.

Compulink Healthcare Solutions, попри спеціалізацію на офтальмології, має перевантажений інтерфейс з численними меню, підменю та функціональними панелями. Як зазначають користувачі, система має "складний процес налаштування та потребує тривалого періоду адаптації", що вимагає від медичних закладів інвестувати значні ресурси у навчання персоналу.

IBM Watson Health характеризується багаторівневою структурою інтерфейсу з надмірною кількістю опцій та налаштувань, що призводить до

високого порогу входження. Користувачі потребують спеціальної технічної підготовки для ефективної взаємодії з системою, що особливо проблематично для лікарів старшого віку та невеликих клінік без IT-підтримки.

Epic Systems, попри інтеграцію функцій штучного інтелекту, має складну систему навігації з численними розділами та підрозділами. Де потрібно виконання багатьох кліків для доступу до потрібної інформації, що сповільнює робочий процес.

UpToDate, хоча й надає доступ до цінної клінічної інформації, має перевантажений текстом інтерфейс з недостатньою візуалізацією даних. Це ускладнює швидке сприйняття інформації та прийняття клінічних рішень в умовах обмеженого часу.

На противагу цим складним системам, для VISIONARY RX був обраний мінімалістичний підхід до дизайну інтерфейсу, що має ряд суттєвих переваг

Зниження когнітивного навантаження — на відміну від перевантажених інтерфейсів Compulink та Epic Systems, мінімалістичний дизайн зосереджує увагу користувача лише на найнеобхідніших елементах. Кожен екран містить мінімум елементів, що забезпечує швидке сприйняття інформації без необхідності фільтрувати візуальний шум.

Інтуїтивно зрозуміла навігація — на відміну від багаторівневої структури IBM Watson Health, інтерфейс VISIONARY RX побудований на принципі "трьох кліків" — користувач може отримати доступ до будь-якої функції за не більше ніж три дії. Це значно скорочує час на навігацію по системі та дозволяє лікарю зосередитися на клінічних рішеннях, а не на взаємодії з інтерфейсом.

Низький поріг входження — мінімалістичний дизайн забезпечує швидке освоєння системи новими користувачами без необхідності тривалого навчання. На відміну від Compulink, де адаптація може займати тижні, користувачі VISIONARY RX почнуть ефективно працювати з системою вже з першого дня.

Адаптивний дизайн — на відміну від UpToDate з фіксованим макетом,

інтерфейс VISIONARY RX автоматично адаптується до різних розмірів екранів та пристроїв. Це забезпечує консистентний досвід взаємодії на комп'ютерах, планшетах та смартфонах без необхідності перенавчання при зміні пристрою.

Функціональне використання кольору — на відміну від аналогів, які використовують колір переважно для декоративних цілей, VISIONARY RX застосовує стриманий колірний код для функціональних цілей: синій для навігації, зелений для позитивних дій, червоний для попереджень. Це забезпечує швидке розпізнавання типу інформації.

Інтегрована інструкція — для користувачів, які вперше взаємодіють з системою, передбачено інструкцію для кожного розділу, що дозволяє швидко отримати необхідну інформацію без необхідності покидати робочий процес.

Таким чином, мінімалістичний підхід до дизайну інтерфейсу VISIONARY RX обґрунтований необхідністю забезпечити швидке освоєння системи, низький поріг входження та ефективну взаємодію, що принципово відрізняє його від перевантажених та складних інтерфейсів існуючих аналогів.

3.6 Обґрунтування економічної ефективності рішення

Розглядаючи економічні аспекти існуючих аналогів виявилась їх недоступність для більшості українських медичних закладів через значну вартість впровадження та обслуговування. Обґрунтування вибору економічно ефективних технологічних рішень для VISIONARY RX базується на порівнянні з наявними аналогами.

Epic Systems потребує значних початкових інвестицій, з вартістю впровадження від $1,200 для малих клінік до $500,000 для великих медичних закладів [13]. Для масштабних проектів вартість може сягати мільйонів доларів – наприклад, впровадження в Partners HealthCare коштувало $1.6

мільярда [8]. Додатково необхідні значні інвестиції в серверну інфраструктуру та щорічне обслуговування, яке складає близько 20% від початкових витрат.

IBM Watson Health також має високий поріг входження. Компанія витратила приблизно $5 мільярдів на придбання компаній та розвиток платформи [33]. Через затратність проекту та неефективність бізнес-моделі, IBM продала цей підрозділ за $1 мільярд у 2022 році. Окрім високої вартості, проект провалився через необхідність "доступу до великих обсягів даних для навчання моделей", що створювало додаткові витрати для медичних закладів [17; 18].

Compulink Healthcare Solutions використовує модель з високою початковою вартістю. Як зазначає один користувач: "EHR is integrated, BUT, you have to pay for the software up-front, purchase and maintain your own server, and pay for monthly subscription for customer service" [4]. Згідно з відгуками, система є "Way too expensive for what you receive" [2], особливо для малих та середніх офтальмологічних клінік.

Lexi-Interact, хоча й має нижчу вартість ($175-285 на рік за одного користувача) [11; 20], обмежений лише функціоналом перевірки взаємодій препаратів, без комплексного підходу до аналізу анамнезу та персоналізованих рекомендацій.

На відміну від цих дорогих рішень, VISIONARY RX спроектована з урахуванням економічних реалій українського медичного ринку:

Використання відкритих технологій — система побудована на відкритих технологіях (React, FastAPI, PostgreSQL), що не вимагають ліцензійних платежів

Оптимізація використання платних API — завдяки правильно структурованому промту, система значно зменшує кількість токенів при запитах до API Anthropic, що суттєво знижує експлуатаційні витрати порівняно з використанням двух різних промтів для одного завдання.

Відсутність прив'язки до специфічного обладнання — на відміну від Compulink, який вимагає інтеграції з конкретними моделями

офтальмологічного обладнання, VISIONARY RX працює на будь-якому пристрої з браузером, що усуває необхідність оновлення апаратного забезпечення.

3.7 Забезпечення безпеки системи

Розробка системи VISIONARY RX здійснювалася з урахуванням сучасних принципів інформаційної безпеки та захисту конфіденційності даних. Особлива увага приділялася створенню безпечного середовища для обробки медичної інформації при мінімізації ризиків для приватності користувачів.

Архітектура системи побудована на основі принципу "Privacy by Design" (Конфіденційність за замовчуванням), який передбачає інтеграцію засобів захисту приватності на етапі проектування системи, а не як додаткову функцію після розробки. Основою цього підходу в VISIONARY RX є свідома відмова від збору та зберігання персональних ідентифікаторів пацієнтів. Система функціонує виключно з анонімними медичними даними, що включають демографічну інформацію (вік, стать), клінічний анамнез, симптоми та діагнози, але повністю виключають будь-які дані, що могли б ідентифікувати конкретну особу.

Такий підхід забезпечує досить високий рівень захисту приватності, оскільки найнадійнішим способом захисту персональних даних є їх повна відсутність у системі. Це означає, що навіть у випадку гіпотетичного порушення безпеки системи, персональна інформація пацієнтів не може бути скомпрометована, оскільки вона не збирається та не зберігається.

Незважаючи на анонімний характер даних, впроваджено комплексні заходи безпеки для захисту цілісності інформації та забезпечення стабільної роботи. Захист передачі даних реалізовано через використання HTTPS протоколу, який забезпечує шифрування всіх даних під час їх передачі між клієнтською та серверною частинами системи. Це запобігає перехопленню

медичної інформації третіми сторонами під час її транспортування через мережу Інтернет. Додатково система використовує захисні HTTP заголовки, які запобігають різним типам веб-атак, включаючи міжсайтовий скриптинг (XSS), вбудовування сторінки в iframe та інші поширені вразливості веб-додатків.

Висновки до розділу 3

В результаті проведеного аналізу існуючих аналогів та обґрунтування обраних засобів реалізації встановлено, що, вибір веб-платформи замість мобільного додатку забезпечує універсальність доступу, безперервність робочого процесу та не вимагає встановлення додаткового програмного забезпечення. Архітектура SPA забезпечує швидку реакцію інтерфейсу, збереження контексту при навігації та ефективну роботу при нестабільному інтернет-з'єднанні. Модель Claude 3.7 Sonnet обрана через її здатність досить точно інтерпретувати офтальмологічну термінологію та надавати рекомендації. Адаптація до українських медичних стандартів через відповідність протоколам МОЗ та інтеграцію з українським реєстром лікарських засобів забезпечує практичну цінність системи для локального ринку. Мінімалістичний дизайн інтерфейсу знижує когнітивне навантаження та забезпечує швидке освоєння системи без тривалого навчання. Економічність рішення досягається через використання відкритих технологій та оптимізацію платних API.

РОЗДІЛ 4
ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА МЕТОДИКА РОБОТИ ВЕБ-САЙТУ

Цей розділ описує технічну реалізацію системи для підбору офтальмологічних препаратів. Розглянуто взаємодію клієнтської та серверної частин, особливості інтерфейсу користувача, структуру бази даних та інтеграцію з API Anthropic, тощо.

4.1 Взаємозв'язок компонентів

Система VISIONARY RX складається з ряду взаємопов'язаних компонентів, що забезпечують повний цикл роботи з анамнезом пацієнта та підбором офтальмологічних препаратів.

Клієнтська частина

App.js - головний компонент, що відповідає за загальну структуру додатку, маршрутизацію та керування станом вибраних препаратів.

Components:

AnamnesisForm - компонент для введення та відправки анамнезу пацієнта.

AIRecommendation - компонент для відображення рекомендацій AI-асистента.

Header - компонент заголовку з навігаційним меню.

MedicationCompatibility - компонент з перевіркою сумісності препаратів.

SelectedMedicationsPanel - панель вибраних препаратів.

Pages:

HomePage - головна сторінка з рекомендаціями AI-асистента.

DrugsPage - сторінка каталогу препаратів.

InfoPage - сторінка довідника.

GuidePage - сторінка інструкції користувача.

Services:

api.js - сервіс для взаємодії з бекендом.

Взаємодія між компонентами клієнтської частини організована через передачу props та стану додатку. Головний компонент App.js містить стан вибраних препаратів (selectedMedications), який передається в інші компоненти, що дозволяє синхронізувати дані між різними частинами системи.

Серверна частина

Основні компоненти серверної частини:

api/ai.py - модуль для взаємодії з API Anthropic та аналізу анамнезу.

api/medicines.py - модуль для роботи з даними про препарати.

database/db.py - модуль для взаємодії з базою даних.

prompts/nika.py - шаблон промпту для аналізу анамнезу.

schemas/request.py та **schemas/response.py** - схеми запитів та відповідей.

Взаємодія між компонентами серверної частини організована через інверсію залежностей (Dependency Injection) за допомогою FastAPI. На рис. 4.1 представлена візуалізація структури системи VISIONARY RX та основних потоків даних між її компонентами.

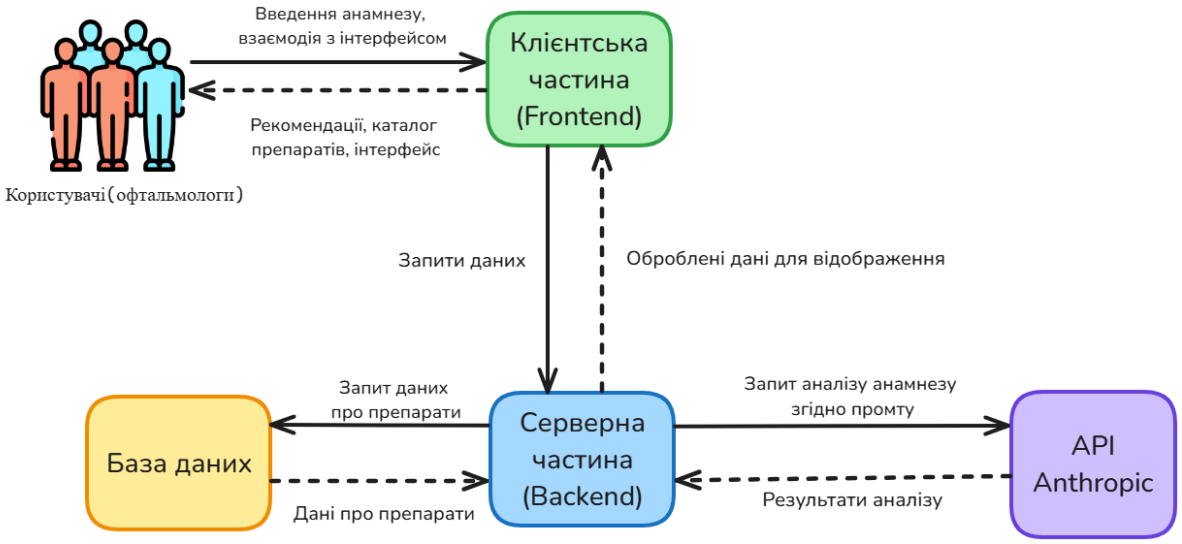

Рисунок 4.1 - Візуалізація структури системи і потоків даних

4.2 Основний потік даних у системі

Основний потік даних у системі відбувається так:

Введення анамнезу:

1. Користувач вводить дані анамнезу пацієнта через компонент AnamnesisForm.
2. Дані зберігаються у локальному стані компонента та в localStorage для збереження між сеансами роботи.
3. При відправці форми дані передаються на бекенд через API.

Аналіз анамнезу:

1. Бекенд отримує дані анамнезу та форматує їх відповідно до шаблону промпту.
2. Формується запит до API Anthropic для аналізу анамнезу та підбору препаратів.
3. API Anthropic повертає рекомендації щодо препаратів у форматі JSON.

Доповнення результатів аналізу:

1. Бекенд обробляє відповідь API Anthropic та доповнює дані про рекомендовані препарати інформацією про їх аналоги з бази даних.
2. Результати повертаються на клієнтську частину.

Відображення рекомендацій:

1. Компонент AIRecommendation відображає рекомендовані препарати з можливістю додавання їх до вибраних.
2. При додаванні препарату до вибраних, інформація про нього зберігається у стані додатку та в localStorage.

Робота з вибраними препаратами:

1. Компонент SelectedMedicationsPanel відображає вибрані препарати та дозволяє перевіряти їх сумісність.
2. Результати перевірки відображаються в інтерфейсі користувача.

Робота з каталогом препаратів:

1. Компонент DrugsPage дозволяє переглядати каталог препаратів, фільтрувати їх за категоріями та додавати до вибраних.
2. При додаванні препарату з каталогу, він також зберігається у стані додатку та в localStorage.

Робота з довідником:

Компонент InfoPage дозволяє переглядати інформаційні статті, фільтрувати їх за категоріями та здійснювати пошук.

Обробка системних помилок:

На всіх етапах роботи системи реалізована обробка можливих помилок з відображенням відповідних повідомлень для користувача.

Такий потік даних забезпечує ефективну взаємодію всіх компонентів системи та реалізує повний цикл роботи з анамнезом пацієнта та підбором офтальмологічних препаратів.

У розробленій системі реалізовано механізми збереження даних між сеансами роботи за допомогою localStorage, що дозволяє зберігати стан форми анамнезу та вибрані препарати. Це забезпечує зручність роботи користувача та знижує ризик втрати даних при перезавантаженні сторінки або закритті браузера.

4.3 Реалізація інтерфейсу користувача

Інтерфейс користувача системи реалізований з використанням компонентного підходу, що забезпечує модульність, повторне використання коду та легкість підтримки. Головна мета інтерфейсу - забезпечити інтуїтивно зрозумілу взаємодію офтальмологів з системою під час аналізу анамнезу, підбору препаратів та перевірки їх сумісності.

4.3.1 Головний компонент App та його функціональність

Центральним елементом інтерфейсу є компонент App, який визначає основну структуру додатку та керує маршрутизацією між різними розділами системи. В даному компоненті реалізовано ключові функції для керування станом додатку, зокрема:

1. **Управління вибраними препаратами**: Компонент зберігає та оновлює стан вибраних препаратів, який використовується різними частинами системи.
2. **Збереження даних у localStorage**: Реалізовано механізм збереження вибраних препаратів у локальному сховищі браузера, що дозволяє зберігати стан додатку між сеансами користувача.
3. **Скидання вибраних препаратів**: Функція для видалення всіх вибраних препаратів, що використовується при створенні нового аналізу.

4. **Обробка додавання/видалення препаратів**: Механізм для додавання та видалення препаратів зі списку вибраних, з вказанням джерела додавання (наприклад, з головної сторінки чи з каталогу).
5. **Керування відображенням перевірки сумісності**: Функціональність для показу/приховування інформації про сумісність препаратів.

4.3.2 Компоненти та їх взаємодія

Інтерфейс VISIONARY RX складається з наступних основних компонентних блоків:

1. **Верхня навігаційна панель:**

- Виконує функцію основної навігації по системі (рис. 4.2)
- Містить логотип системи "VISIONARY RX" (рис. 4.2)
- Надає швидкий доступ до основних розділів: Головна, Препарати, Довідник, Інструкція (рис. 4.2)
- Постійно присутня на всіх сторінках для забезпечення стабільної навігації (рис. 4.2)

Рисунок 4.2 - Верхня навігаційна панель

2. **Ліва бічна панель анамнезу (рис. 4.3):**

- Займає ліву частину екрану на всіх сторінках системи
- Містить форму для введення даних анамнезу пацієнта.
- Включає кнопку "Підібрати препарати" для запуску аналізу
- Зберігає введені дані між сеансами роботи

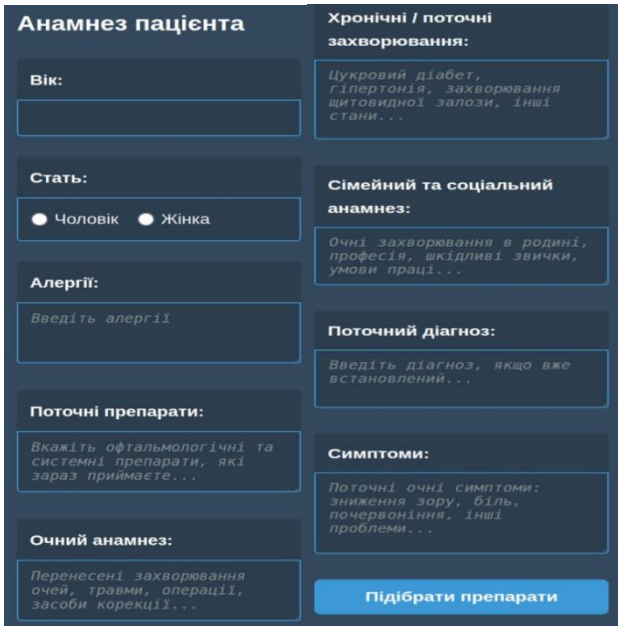

Рисунок 4.3 - Ліва бічна панель анамнезу

3. Центральна робоча область :

- Займає основну частину екрану і змінює свій вміст залежно від обраного розділу
- На головній сторінці відображає результати AI-аналізу анамнезу з рекомендованими препаратами (рис. 4.4).

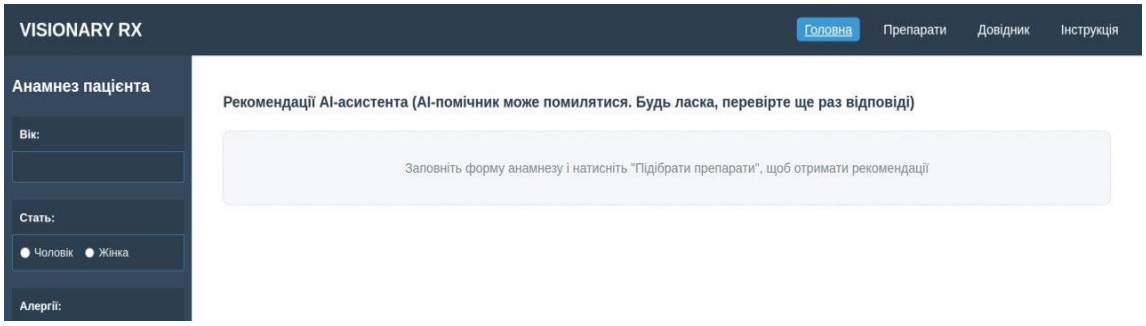

Рисунок 4.4 - Центральна робоча область "Головна"

- В розділі "Препарати" представляє каталог всіх офтальмологічних засобів з можливістю пошуку та фільтрації (рис.4.5).

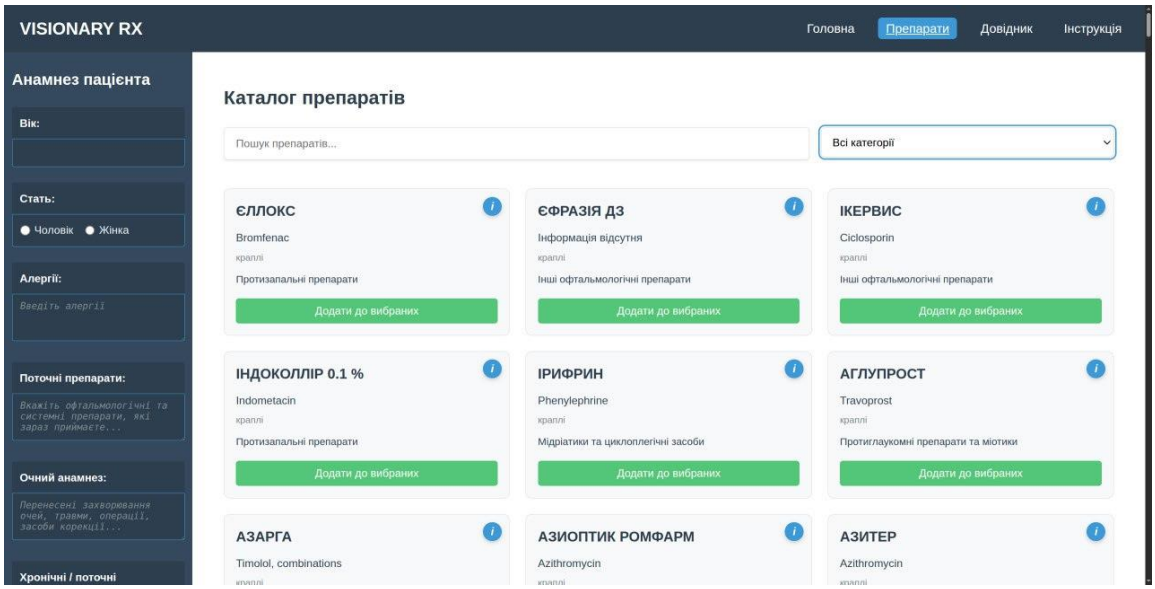

Рисунок 4.5 - Центральна робоча область "Препарати"

- В розділі "Довідник" містить структуровані інформаційні статті з офтальмології (рис. 4.6).

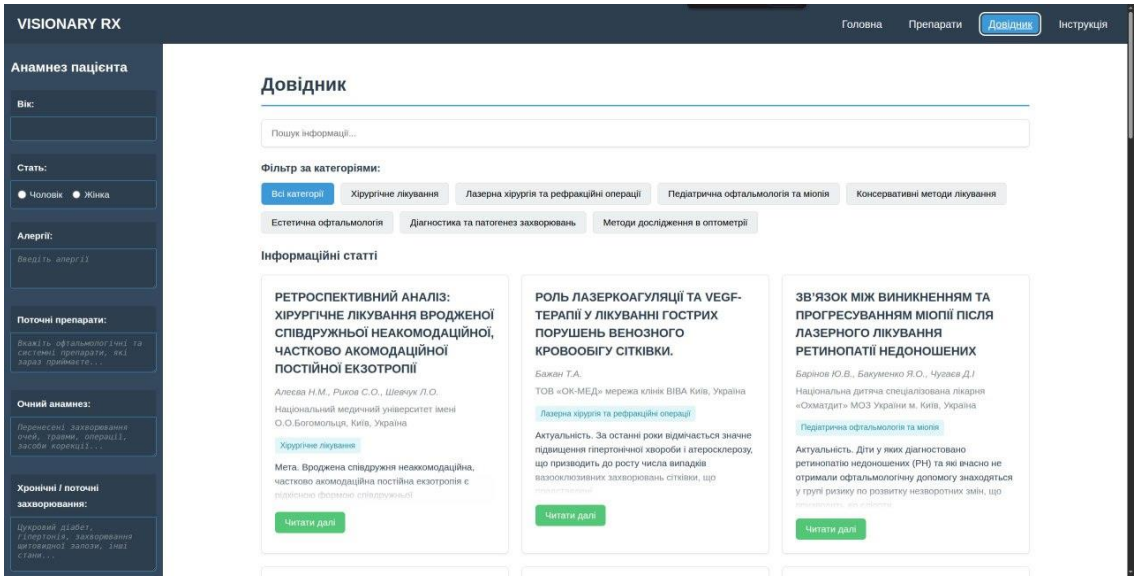

Рисунок 4.6 - Центральна робоча область "Довідник"

- В розділі "Інструкція" представляє покрокові вказівки з використання системи (рис. 4.7).

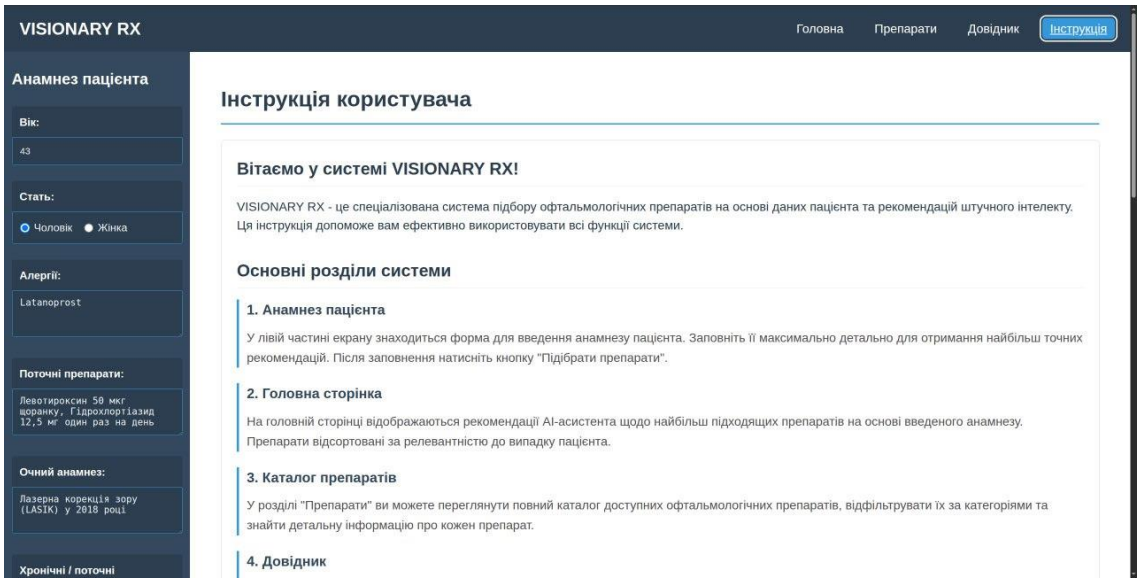

Рисунок 4.7 - Центральна робоча область "Інструкція"

4. **Картки препаратів** (рис. 4.8 – рис. 4.9):

- Уніфікований формат представлення інформації про ліки в системі
- Містить назву препарату, діючу речовину, фармакологічну групу та короткий опис
- Включає кнопку додавання до списку обраних препаратів
- У розділі AI-рекомендацій додатково містить кнопку перегляду аналогів (рис. 4.8).

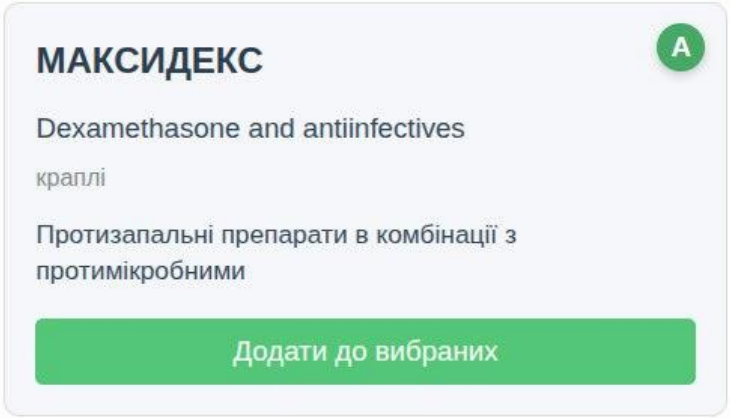

Рисунок 4.8 - Картка препарату з аналогами

- У каталозі препаратів включає кнопку для відкриття повної інструкції (рис. 4.9).

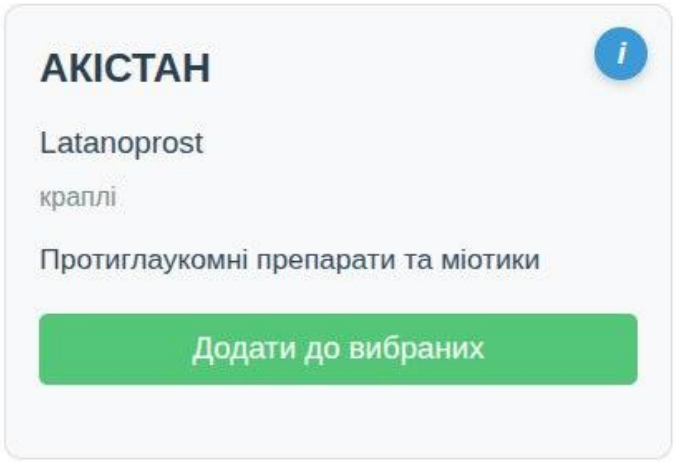

Рисунок 4.9 - Картка препарату з інструкцією

5. Модальні вікна:

- Для відображення детальної інформації без переходу на іншу сторінку
- Вікно аналогів – показує список аналогів обраного препарату (рис. 4.10).

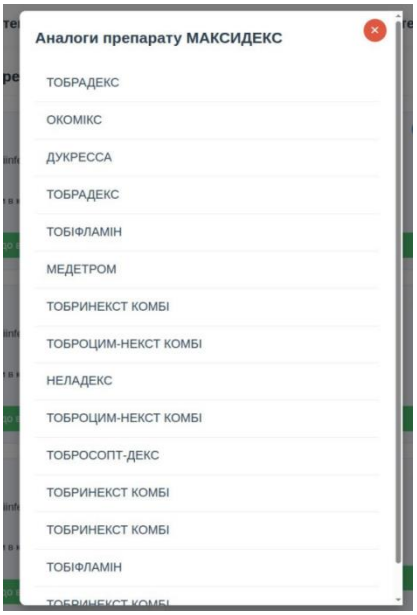

Рисунок 4.10 - Модальне вікно аналогів препарату

- Вікно інструкції – відображає повну інструкцію до препарату (рис.4.11).

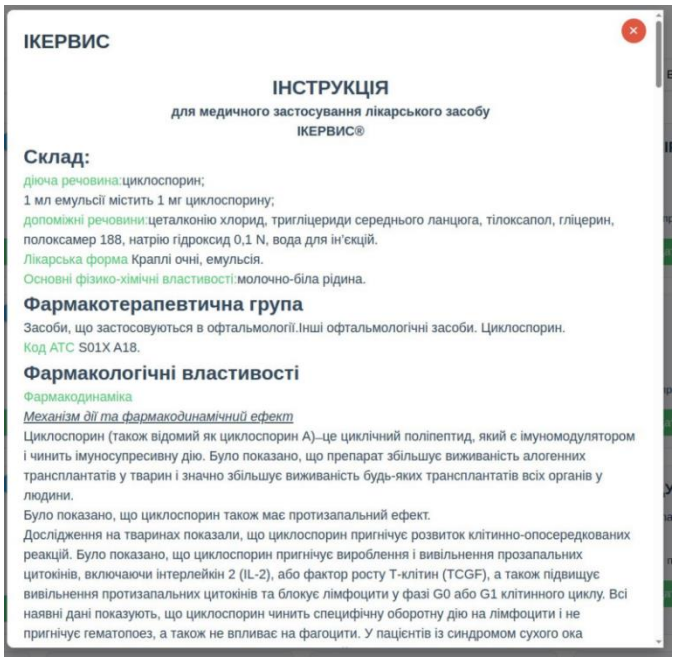

Рисунок 4.11 - Модальне вікно інструкції

- Вікно повної статті – в розділі довідника для детального перегляду матеріалу (рис. 4.12)

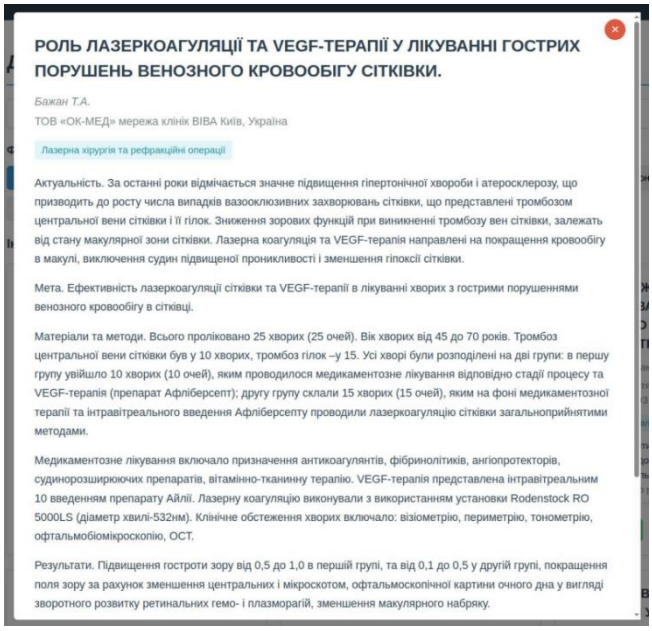

Рисунок 4.12 - Модальне вікно наповнення статті

5. **Нижня панель обраних препаратів** (рис. 4.13):

- Фіксована панель у нижній частині екрану
- Відображає список всіх обраних лікарем препаратів
- Містить кнопку для перевірки сумісності обраних препаратів
- Візуально розмежовує кольорами препарати, додані з різних джерел (з AI-рекомендацій та з каталогу)
- Може згортатися для збільшення робочої області

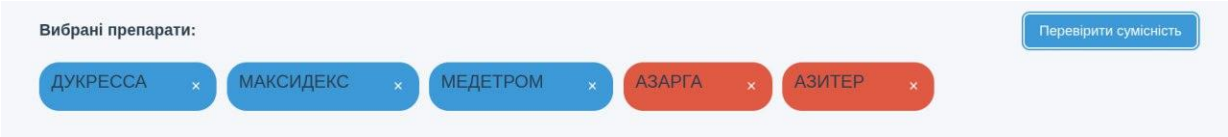

Рисунок 4.13 - Панель обраних препаратів

7. Блок перевірки сумісності (рис. 4.14):

- Розгортається в нижній панелі після натискання кнопки "Перевірити сумісність"
- Візуально відображає виявлені несумісності між обраними препаратами
- Виділяє несумісні пари препаратів

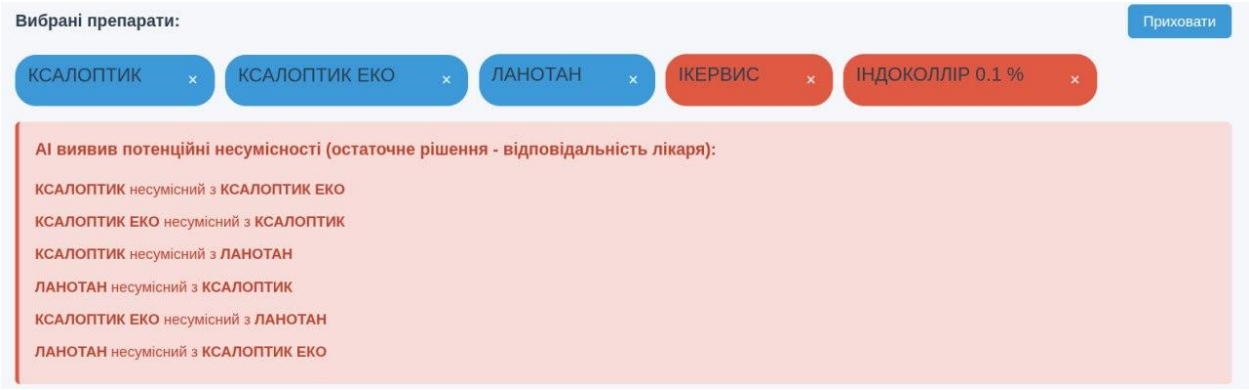

Рисунок 4.14 - Блок перевірки сумісності

Взаємодія компонентів організована таким чином, щоб забезпечити безперервний робочий процес лікаря:

- Введені дані анамнезу доступні з будь-якого розділу системи
- Список обраних препаратів зберігається при навігації між розділами
- Результати AI-аналізу доступні на головній сторінці для швидкого доступу
- Пошук додаткових препаратів можливий через каталог з подальшим додаванням до списку обраних
- Перевірка сумісності препаратів з ШІ може здійснюватись у будь-який момент роботи з системою

4.4 Реалізація бази даних

У цьому розділі розглядається реалізація бази даних, включаючи процес збору та обробки даних, структуру бази даних та механізми взаємодії з нею через репозиторій.

4.4.1 Процес збору та підготовки даних

Для формування повної та достовірної бази даних офтальмологічних препаратів було використано офіційний державний ресурс "Державний реєстр лікарських засобів України" (likicontrol.com.ua). Цей ресурс гарантує актуальність і достовірність інформації про зареєстровані в Україні препарати.

Веб-скрапінг даних

Процес збору даних з ресурсу likicontrol.com.ua було автоматизовано за допомогою спеціально розробленого скрипта на Python. Скрапінг проводився з дотриманням етичних норм та обмежень на частоту запитів до серверу.

Скрапер виконував наступні дії:

- Збір загального списку препаратів з розділу S01 за АТС-класифікацією

- Перехід на сторінку кожного препарату для отримання детальної інформації
- Вилучення структурованих даних, включаючи назву, діючі речовини, фармакологічну групу, інструкцію та інші характеристики
- Завантаження повних інструкцій до препаратів.

Очищення та нормалізація даних

Зібрані дані пройшли ретельний процес очищення та нормалізації, що включав:

- Видалення дублікатів та неповних записів
- Стандартизацію формату назв активних речовин (МНН)
- Нормалізацію форматів дозувань та одиниць вимірювання
- Коректне перетворення спеціальних символів та форматування тексту
- Структурування HTML-контенту інструкцій для зручного відображення.

Особливу увагу було приділено очищенню текстових полів, таких як manual, де оригінальний HTML-код був оптимізований для зберігання в базі даних та подальшого відображення в інтерфейсі.

4.4.2 Структура бази даних

База даних VISIONARY RX містить таблицю з детальною структурою, що включає 19 колонок:

- id - первинний ключ, унікальний ідентифікатор препарату в системі
- oid - оригінальний ідентифікатор з джерела даних
- title - торгова назва препарату
- type_of_medicine - тип препарату (краплі, мазь, таблетки тощо)
- farm_group - фармакологічна група
- mnn - міжнародна непатентована назва (активна речовина)

- atx - АТС-класифікація та активна речовина
- code_atc - додатковий код за АТС-класифікацією
- medicine_form - форма випуску препарату
- main_features - основні характеристики препарату
- short_description - короткий опис препарату
- analog_ids - ідентифікатори аналогів препарату
- manual - повна інструкція до препарату в HTML-форматі
- manual_markdown - інструкція в форматі Markdown для альтернативного відображення
- pregnant - інформація щодо застосування при вагітності
- driver - інформація щодо впливу на здатність керувати транспортом
- price_min - мінімальна ціна
- price_max - максимальна ціна
- manual_text - текстова версія інструкції без форматування

Приклади даних представлені на рис. 4.15, демонструють різноманітність офтальмологічних препаратів у базі даних, включаючи протиглаукомні, протизапальні, антибактеріальні та інші типи засобів:

	id [PK] inte	oid text	title text	type_of_medicine text	farm_group text	mnn text	atx text	code_atc text	medicine_form text	main_features text	short_description text	analog_ids text	manual text
1	1	39533	АГЛ...	краплі	Протиглаук...	Travoprost	S01EE04 Trav...	S01EE04	Краплі очні, розчин	прозорий б...	краплі очні, розчин 0,004 % ...	34822, 34474...	<p align="center" style=
2	2	33290	АЗА...	краплі	Протиглаук...	Timolol, c...	S01ED51 Tim...	S01ED51	Краплі очні	білого або ...	краплі очні по 5 мл у флако...	36354, 33909...	Додаток 11 <table tabl
3	3	45720	АЗИ...	краплі	Протимікр...	Azithromy...	S01AA26 Azit...	S01AA26	Краплі очні, розчин	прозора без...	краплі очні, розчин, 15 мг/г;...	35628, 42734...	<p style="text-align:left"
4	4	32722	АЗИ...	краплі	Протимікр...	Azithromy...	S01AA26 Azit...	S01AA26	Краплі очні, розчин	прозора без...	краплі очні, розчин, 15 мг/г, ...	35628, 42734...	<p style="text-align:left"
5	5	35628	АЗИ...	краплі	Протимікр...	Azithromy...	S01AA26 Azit...	S01AA26	Краплі очні, розчин	прозора, бе...	краплі очні, розчин, 15 мг/г ...	32722, 45720	<p align="center" style=
6	6	42734	АЗИ...	краплі	Протимікр...	Azithromy...	S01AA26 Azit...	S01AA26	Краплі очні, розчин	прозора, бе...	краплі очні, розчин, 15 мг/г ...	32722, 45720	<p align="center" style=
7	7	27717	АЗИ...	краплі	Протимікр...	Azithromy...	S01AA26 Azit...	S01AA26	Краплі очні, розчин	прозора, бе...	краплі очні, розчин, 15 мг/г ...	32722, 45720	<p align="center" style=
8	8	31765	АЗО...	краплі	Протиглаук...	Brinzolam...	S01EC04 Brin...	S01EC04	Краплі очні	білого або ...	краплі очні, 10 мг/мл; по 5 ...	34505, 43624...	Додаток 11 <table tabl
9	9	25439	АЙЛІЯ	розчин	Засоби для...	Aflibercept	S01LA05 Afli...	S01LA05	Розчин для ін'єкцій	розчин без ...	розчин для ін'єкцій, 40 мг/м...	[null]	<p align="center" style=
10	10	44305	АКІ...	краплі	Деконгеста...	Olopatadi...	S01GX09 Olo...	S01GX09	Краплі очні, розчин	прозорий б...	краплі очні, розчин 1 мг/мл;...	38500, 37999...	ЗАТВЕРДЖЕНО <p alig
11	11	28008	АКІС...	краплі	Протиглаук...	Latanopro...	S01EE01 Lata...	S01EE01	Краплі очні, розчин	чистий, про...	краплі очні, розчин, 50 мкг/...	31014, 45526...	<p align="center" style=
12	12	43155	АКІС...	краплі	Протиглаук...	Latanopro...	S01EE01 Lata...	S01EE01	Краплі очні, розчин	чистий, про...	краплі очні, 50 мкг/мл по 2,...	31014, 45526...	<p align="center" style=
13	13	36354	АКІС...	краплі	Протиглаук...	Timolol, c...	S01ED51 Tim...	S01ED51	Краплі очні, розчин	розчин про...	краплі очні, розчин, по 2,5 м...	33290, 33909...	<p align="center" style=
14	14	41381	АЛЬ...	краплі	Протиглаук...	Brimonidi...	S01EA05 Bri...	S01EA05	Краплі очні, розчин	прозора рід...	краплі очні, розчин, 2 мг/мл...	36939, 42373...	<p align="center" style=

Рисунок 4.15 - Дані БД

4.4.3 Реалізація репозиторію

Для взаємодії з базою даних у системі VISIONARY RX реалізовано репозиторій MedicineRepository, який інкапсулює всю логіку доступу до

даних. Репозиторій надає зручний інтерфейс для всіх компонентів системи, абстрагуючи деталі роботи з базою даних.

Основні функції репозиторію:

Отримання списку препаратів: Функція для отримання повного списку препаратів або списку з фільтрацією за різними критеріями (тип, фармакологічна група, активна речовина).

Отримання деталей препарату: Функція для отримання повної інформації про конкретний препарат за його ID.

Отримання аналогів: Функція get_analogs_by_medicine_id для отримання списку аналогів конкретного препарату на основі даних в полі analog_ids.

Отримання інструкцій: Функція для отримання повної інструкції до препарату в потрібному форматі.

Репозиторій реалізовано з використанням патерну Data Access Object (DAO), що забезпечує чітке розділення бізнес-логіки та логіки доступу до даних, спрощує тестування та підтримку системи.

Така структура даних забезпечує гнучкість та ефективність при аналізі анамнезу та формуванні рекомендацій щодо лікування офтальмологічних захворювань. Так як БД охоплює повний спектр сертифікованих офтальмологічних препаратів, зареєстрованих в Україні.

4.5 Форма анамнезу та її обробка

Компонент форми анамнезу є одним з ключових складових системи, оскільки через нього відбувається збір первинних даних пацієнта для подальшого аналізу та формування рекомендацій щодо лікування. Форма анамнезу реалізована у вигляді React-компонента AnamnesisForm, який розташований у лівій частині інтерфейсу додатку.

4.5.1 Структура компонента AnamnesisForm

Компонент AnamnesisForm структурно реалізований як бічна панель (sidebar) з набором полів для введення різних аспектів анамнезу пацієнта. На основі аналізу файлу AnamnesisForm.js, компонент включає наступні елементи:

Заголовок форми - "Анамнез пацієнта", що чітко ідентифікує призначення форми.

Поля анамнезу - набір текстових полів та елементів управління, організованих у логічні блоки:

1. Вік пацієнта (числове поле)
2. Стать пацієнта (радіокнопки: чоловік/жінка)
3. Алергії (текстове поле)
4. Поточні препарати (текстове поле)
5. Очний анамнез (текстове поле)
6. Хронічні/поточні захворювання (текстове поле)
7. Сімейний та соціальний анамнез (текстове поле)
8. Поточний діагноз (текстове поле)
9. Симптоми (текстове поле)

Кнопка відправлення даних - "Підібрати препарати", що ініціює процес аналізу введених даних.

Блок відображення помилок - для візуалізації повідомлень про помилки, що виникли під час відправлення форми. (рис.4.16).

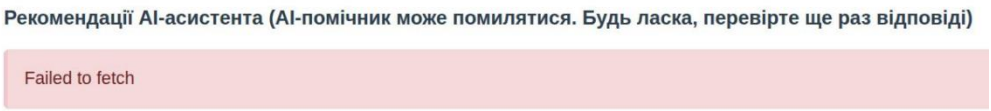

Рисунок 4.16 - Блок відображення помилки

Індикатор завантаження - візуалізує стан обробки даних при відправці форми (рис. 4.17).

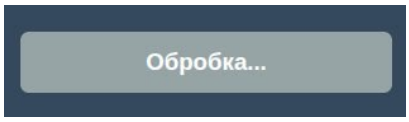

Рисунок 4.17 - Індикатор завантаження

4.5.2 Збереження даних форми в localStorage

Однією з ключових особливостей реалізації форми анамнезу є автоматичне збереження введених даних у localStorage браузера. Це забезпечує збереження введених користувачем даних між сеансами роботи з додатком, що є особливо корисним у клінічній практиці, де можливі перерви у роботі з системою.

При завантаженні компонента виконується перевірка наявності збережених даних у localStorage. Якщо дані знайдено, вони автоматично завантажуються у форму, що дозволяє продовжити роботу з того місця, де користувач зупинився.

При внесенні змін у будь-яке поле форми оновлені дані також зберігаються у localStorage. Це забезпечує постійну синхронізацію стану форми з локальним сховищем браузера.

4.5.3 Валідація даних форми

На стороні клієнта, певний рівень валідації забезпечується атрибутами HTML-елементів:

- Для поля віку використовується тип "number" з обмеженнями min="0" та max="120", що запобігає введенню некоректних значень.
- Для радіокнопок статі забезпечується вибір лише одного значення.
- Всі поля форми мають відповідні атрибути aria-describedby, що покращує доступність форми та вказує на призначення кожного поля.

4.5.4 Обробка відправлення форми

Процес відправлення форми анамнезу реалізовано через обробник подій handleSubmit, який викликається при натисканні кнопки "Підібрати препарати". Цей процес включає наступні етапи:

1. **Запобігання стандартній поведінці форми**: Використання e.preventDefault() для запобігання перезавантаженню сторінки.
2. **Встановлення стану завантаження**: Встановлення прапорця loading у true для відображення індикатора завантаження.
3. **Скидання помилок**: Очищення попередніх повідомлень про помилки.
4. **Скидання вибраних препаратів**: Якщо передана функція resetSelectedMedications, вона викликається для очищення списку раніше вибраних препаратів.
5. **Передача даних у батьківський компонент**: Виклик функції onSubmit для передачі даних анамнезу у батьківський компонент.
6. **Збереження даних у localStorage**: Збереження даних форми у localStorage для подальшого використання.
7. **Відправлення даних на аналіз**: Виклик функції analyzeAnamnesis з API-сервісу для відправки даних на аналіз.
8. **Обробка результатів аналізу**: Збереження результатів аналізу у localStorage та диспетчеризація події 'storage' для оновлення компонентів, які використовують ці дані.
9. **Обробка помилок**: У випадку виникнення помилок під час аналізу, вони зберігаються у стані компонента та відображаються користувачу.
10. **Завершення процесу завантаження**: Встановлення прапорця loading у false для приховання індикатора завантаження.

4.6 Інтеграція з API Anthropic

Важливою частиною є інтеграція з API Anthropic, що забезпечує аналіз анамнезу пацієнта та генерацію рекомендацій щодо офтальмологічних препаратів. У цьому підрозділі розглянуто технічні аспекти реалізації даної інтеграції, структуру запитів до API, обробку відповідей та механізми обробки помилок.

4.6.1 Реалізація запитів до API Anthropic

Для комунікації з API Anthropic у системі використовується спеціально розроблений ендпоінт /analize, реалізований у серверній частині додатку. Основна логіка взаємодії з API Anthropic знаходиться у файлі ai.py.

При взаємодії з API використовується офіційний клієнт Anthropic для Python. Важливі параметри запиту:

Обрана модель - використовується модель "claude-3-7-sonnet-20250219", яка забезпечує оптимальний баланс між точністю аналізу медичних даних та швидкістю відповіді.

Максимальна кількість токенів - встановлено обмеження в 5024 токенів для забезпечення достатнього обсягу відповіді, що дозволяє отримати детальний аналіз анамнезу та рекомендації щодо препаратів.

Структура запиту - використовується формат повідомлень, що включає текст анамнезу, форматований за допомогою спеціального шаблону.

Системна інструкція - встановлює контекст взаємодії з моделлю, вказуючи на її спеціалізацію у підборі офтальмологічних препаратів: "Ти спеціалізована система підбору офтальмологічних препаратів."

Температура генерації - параметр встановлено на 0.5, що забезпечує хороший баланс між креативністю та передбачуваністю відповідей моделі.

4.6.2 Структура промпту для аналізу анамнезу

Дуже важливий, правильно сформований промпт. У VISIONARY RX використовується спеціально розроблений шаблон nika_prompt, що структурує запит таким чином, щоб забезпечити найбільш точний аналіз анамнезу та релевантні рекомендації.

Промпт включає:

1. Контекст роботи - вказівку на медичний характер аналізу та специфіку офтальмологічної галузі
2. Структурований анамнез пацієнта
3. Чіткі інструкції щодо формату відповіді (JSON)
4. Вимоги до аналізу - врахування алергій, супутніх захворювань, взаємодій з іншими препаратами тощо.

4.6.3 Обробка відповідей API Anthropic

Після отримання відповіді від API Anthropic система виконує її обробку для вилучення структурованої інформації про рекомендовані препарати. Процес обробки відбувається так:

Парсинг JSON з відповіді Система використовує регулярні вирази для вилучення JSON-блоку з текстової відповіді API. Спочатку шукається блок коду з JSON, обмежений маркерами, а якщо такий не знайдено, система намагається інтерпретувати всю відповідь як JSON.

Дозбагачення даних інформацією з бази даних Після успішного парсингу JSON, система доповнює отримані дані про рекомендовані препарати інформацією про їх аналоги з бази даних. Для кожного рекомендованого препарату виконується запит до репозиторію для отримання списку аналогів.

Формування структурованої відповіді Система формує структуровану відповідь, що відповідає схемі AIResponseSchema, яка включає масив об'єктів з інформацією про рекомендовані препарати, їх несумісності та аналоги.

4.6.4 Механізми обробки помилок

Система включає розвинені механізми обробки помилок, що можуть виникнути при взаємодії з API Anthropic:

Перевірка наявності API ключа На етапі ініціалізації системи перевіряється наявність валідного ключа API Anthropic. У разі його відсутності система генерує відповідне повідомлення про помилку:

Обробка помилок API Запити до API Anthropic обгорнуті в блок try-except, що дозволяє перехоплювати та обробляти різні типи помилок:

1. Специфічні помилки API Anthropic (anthropic.APIError)
2. Загальні помилки під час виконання запиту

Обробка помилок парсингу відповіді Система обробляє ситуації, коли відповідь API не містить валідного JSON або має неочікувану структуру. В таких випадках генерується відповідне повідомлення про помилку для клієнтської частини.

Обробка помилок дозбагачення даними з бази даних Процес доповнення даних інформацією про аналоги також обгорнутий в блок try-except, що дозволяє коректно обробляти ситуації, коли база даних недоступна або виникають інші помилки при отриманні даних.

4.6.5 Переваги реалізованого підходу

Реалізований підхід до інтеграції має наступні переваги:

Надійність та стабільність роботи завдяки комплексній системі обробки помилок та використанню офіційного клієнта Anthropic.

Оптимізація запитів через використання ретельно розробленого промпту, що забезпечує точний аналіз анамнезу та релевантні рекомендації.

Інтеграція з базою даних для дозбагачення відповідей API додатковою інформацією про препарати та їх аналоги.

Гнучкість та масштабованість - можливість легко адаптувати систему до нових вимог шляхом модифікації промпту та параметрів запиту.

Структурований формат відповіді - використання JSON для обміну даними забезпечує легкість інтеграції з клієнтською частиною та іншими компонентами системи.

4.7 Відображення рекомендацій AI-асистента

4.7.1 Структура компонента AIRecommendation

Компонент AIRecommendation, відповідає за відображення результатів аналізу анамнезу пацієнта, проведеного штучним інтелектом. Він представлений у вигляді функціонального React-компонента, який отримує необхідні дані з батьківського компонента та відображає рекомендовані препарати в зручному для користувача вигляді.

Компонент приймає два основні параметри: список вже вибраних препаратів та функцію для додавання чи видалення препаратів з цього списку. Завдяки такому підходу забезпечується синхронізація стану між різними частинами додатку.

4.7.2 Управління станом та життєвим циклом компонента

Для управління внутрішнім станом компонент використовує кілька змінних стану, які зберігають:

- Поточний статус завантаження рекомендацій
- Наявність помилок при отриманні рекомендацій
- Список рекомендованих препаратів
- Інформацію про аналоги вибраного препарату
- Прапорець, що вказує, чи було проведено аналіз анамнезу

При завантаженні компонента автоматично виконується запит до сервера для отримання повного списку доступних препаратів, який потім використовується для доповнення рекомендацій, отриманих від AI-асистента.

Також компонент перевіряє наявність збережених рекомендацій у локальному сховищі браузера (localStorage), що дозволяє зберегти результати аналізу між сесіями роботи додатку.

4.7.3 Візуалізація рекомендованих препаратів

Візуально компонент представлений у вигляді окремого блоку з заголовком "Рекомендації AI-асистента", який може перебувати в одному з трьох станів:

1. **Початковий стан**: Відображається повідомлення, що пропонує користувачу заповнити форму анамнезу і натиснути кнопку "Підібрати препарати"
2. **Стан завантаження**: Показується індикатор завантаження під час обробки запиту
3. **Стан з результатами**: Відображається сітка карток рекомендованих препаратів або повідомлення про відсутність рекомендацій.

Кожна картка рекомендованого препарату містить:

- Назву препарату
- Діючу речовину (МНН)
- Лікарську форму
- Фармакологічну групу
- Кнопку для додавання до вибраних препаратів
- Кнопку для перегляду аналогів

4.7.4 Механізм взаємодії з рекомендаціями

Користувач може взаємодіяти з рекомендованими препаратами кількома способами:

1. **Додавання до вибраних**: При натисканні кнопки "Додати до вибраних" препарат додається до загального списку вибраних препаратів, який зберігається у батьківському компоненті та в локальному сховищі
2. **Перегляд аналогів**: При натисканні на кнопку з літерою "А" відкривається модальне вікно зі списком аналогів даного препарату.

3. **Видалення з вибраних**: Якщо препарат вже був доданий до вибраних, кнопка змінює свій текст на "Додано", і при повторному натисканні препарат видаляється зі списку вибраних.

4.8 Каталог препаратів

В даному підрозділі розглядається реалізація каталогу препаратів системи VISIONARY RX, який дозволяє лікарям переглядати повний перелік доступних офтальмологічних препаратів, здійснювати їх пошук та фільтрацію, отримувати детальну інформацію про препарати та додавати препарати до списку вибраних.

4.8.1 Структура компонента DrugsPage

Компонент DrugsPage потрібен для відображення каталогу офтальмологічних препаратів та забезпечення взаємодії користувача з ним.

Основні елементи стану компонента включають:

- Повний список препаратів, отриманих з API
- Поточний пошуковий запит
- Вибрана категорія для фільтрації
- Відфільтрований список препаратів
- Список доступних категорій препаратів
- Дані інструкції для обраного препарату

Компонент отримує через властивості список вже вибраних препаратів та функцію для додавання/видалення препарату зі списку вибраних, що забезпечує спільне використання даних про вибрані препарати між різними компонентами системи.

4.8.2 Завантаження даних про препарати

При першому відображенні сторінки каталогу препаратів виконується запит до API для отримання повного списку доступних офтальмологічних

препаратів. Після успішного отримання даних формується список препаратів та витягуються всі унікальні категорії для формування фільтра за категоріями.

В процесі завантаження даних у випадку помилки виводиться відповідне повідомлення (рис. 4.18). Така реалізація забезпечує інформативність інтерфейсу та позитивний досвід користувача навіть при виникненні проблем із завантаженням даних.

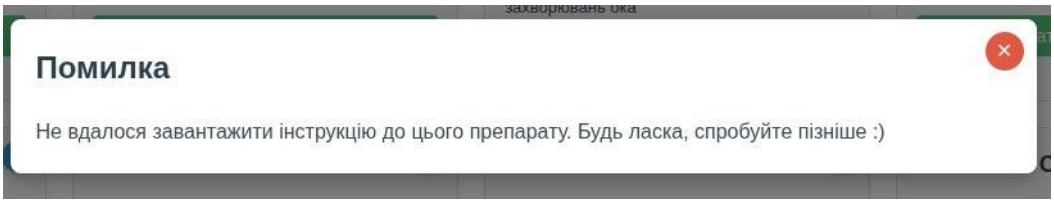

Рисунок 4.18 - **Вікно помилки**

4.8.3 Фільтрація та пошук препаратів

Система VISIONARY RX має потужний механізм фільтрації та пошуку препаратів, що дозволяє лікарю швидко знайти необхідний препарат за різними критеріями.

Пошукове поле

Пошукове поле розташоване у верхній частині сторінки каталогу та дозволяє шукати препарати за різними критеріями, як:

- Назвою препарату
- МНН
- Лікарською формою
- Фармокологічною групою

Пошук працює в режимі реального часу, фільтруючи список препаратів при кожній зміні пошукового запиту. Це дозволяє лікарю бачити результати пошуку одразу при введенні перших символів запиту.

Фільтр за категоріями

Поруч з пошуковим полем розташований випадаючий список для фільтрації препаратів за категоріями. Список категорій формується динамічно на основі даних, отриманих з API, що забезпечує актуальність фільтра відповідно до наявних у базі даних препаратів.

Фільтр за категоріями дозволяє обмежити список препаратів лише тими, що відносяться до певної фармакологічної групи, як:

- Всі категорії
- Протизапальні препарати
- Інші офтальмологічні препарати
- Мідріатики та циклоплегічні засоби
- Протиглаукомні препарати та міотики
- Протимікробні препарати
- Засоби для лікування судинних захворювань ока
- Деконгестанти та протиалергічні препарати брани
- Місцеві анестетики
- Протизапальні препарати в комбінації з протимікробними
- Отоофтальмологічні комбінації кортикостероїдів і протимікробних препаратів
- Отоофтальмологічні протимікробні препарати
- Інші препарати для лікування захворювань очей та вух

При виборі категорії список препаратів автоматично оновлюється, показуючи лише препарати вибраної категорії. При цьому пошук за текстом продовжує працювати в межах вибраної категорії.

4.8.4 Відображення списку препаратів

Відфільтрований список препаратів відображається у вигляді сітки карток, кожна з яких містить основну інформацію про препарат. Використання сітки дозволяє ефективно використовувати простір екрану та забезпечує зручний перегляд великої кількості препаратів. [48]

Кожна картка препарату містить:

- Назву препарату
- Діючу речовину
- Фармацевтичну групу
- Кнопку для перегляду інструкції (позначену символом "і")
- Кнопку для додавання до списку вибраних

Картки препаратів мають адаптивний дизайн, що дозволяє ефективно відображати їх на екранах різного розміру. На мобільних пристроях сітка автоматично перебудовується в один стовпець для зручності перегляду.

У випадку, якщо за заданими критеріями пошуку та фільтрації не знайдено жодного препарату, користувачу відображається відповідне повідомлення з поясненням (рис. 4.19).

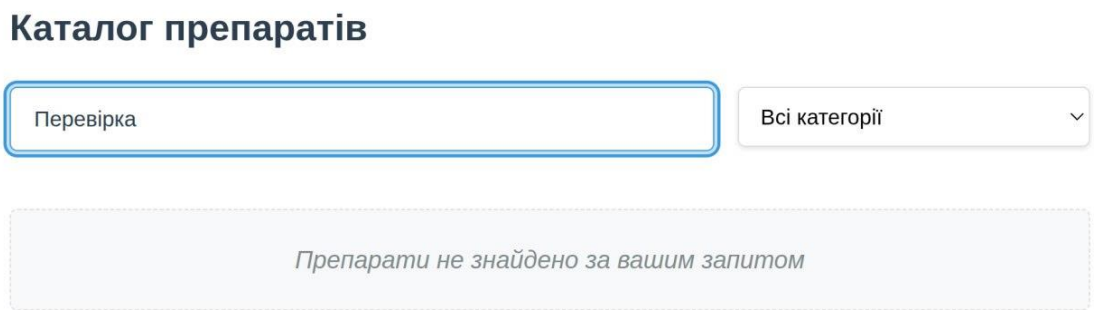

Рисунок 4.19 - **Вікно повідомлення**

4.8.5 Перегляд інструкції до препарату

Одна з важливих функцій сторінки каталогу препаратів - можливість перегляду повної інструкції до препарату. Інструкція відображається у модальному вікні при натисканні на кнопку "і" на картці препарату.

При натисканні на кнопку інформації виконується запит до API для отримання детальної інструкції до вибраного препарату. Інструкція до препарату відображається у структурованому вигляді та містить повну інформацію про препарат.

Модальне вікно з інструкцією може бути закрито натисканням на кнопку закриття, розташовану у верхньому правому куті вікна, або кліком поза межами вікна.

4.8.6 Додавання препарату до вибраних

Кожна картка препарату має кнопку для додавання до списку вибраних. При натисканні на цю кнопку препарат додається до списку вибраних, і кнопка змінює свій зовнішній вигляд, показуючи, що препарат вже доданий.

Повторне натискання на кнопку видаляє препарат зі списку вибраних. Такий підхід забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для керування списком вибраних препаратів.

Для додавання препарату до списку вибраних формується об'єкт із необхідними полями, який передається у функцію оновлення списку вибраних препаратів. Така структура даних забезпечує сумісність із компонентами перевірки сумісності препаратів та відображення списку вибраних препаратів.

Препарати, додані через каталог, автоматично позначаються як такі, що походять із каталогу (source: 'drugs'), що дозволяє візуально відрізняти їх від препаратів, рекомендованих AI-асистентом.

Таким чином, компонент DrugsPage реалізує повноцінний каталог офтальмологічних препаратів із можливістю пошуку, фільтрації, перегляду детальної інформації та додавання препаратів до списку вибраних.

4.9 Результати тестування та валідації системи

Для підтвердження коректності роботи розробленої системи VISIONARY RX було проведено комплексне функціональне тестування основних модулів платформи. Тестування спрямовувалось на перевірку точності аналізу анамнезу, коректності формування рекомендацій препаратів та ефективності перевірки сумісності лікарських засобів у різних сценаріях.

На рис. 4.20 показано введення анамнезу пацієнта з діагнозом "глаукома та сухе око" без зазначення алергій. Після натискання кнопки "Підібрати

препарати" система проаналізувала дані та сформувала рекомендації.

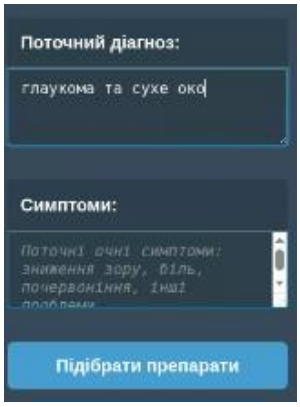

Рисунок 4.20 - Введення анамнезу

Результат аналізу представлено на рис. 4.21, де система запропонувала препарати, розподілених на дві групи: Протиглаукомні препарати з діючою речовиною Latanoprost (КСАЛАТАН, ПРОЛАТАН, УНІЛАТ та інші) Препарати для лікування сухого ока з Hyaluronic acid (ХІЛО-КОМОД, ХІЛО-КОМОД ФОРТЕ, ВІДІСІК). Система коректно ідентифікувала обидва захворювання та запропонувала відповідні групи препаратів, відсортованих за релевантністю до випадку пацієнта.

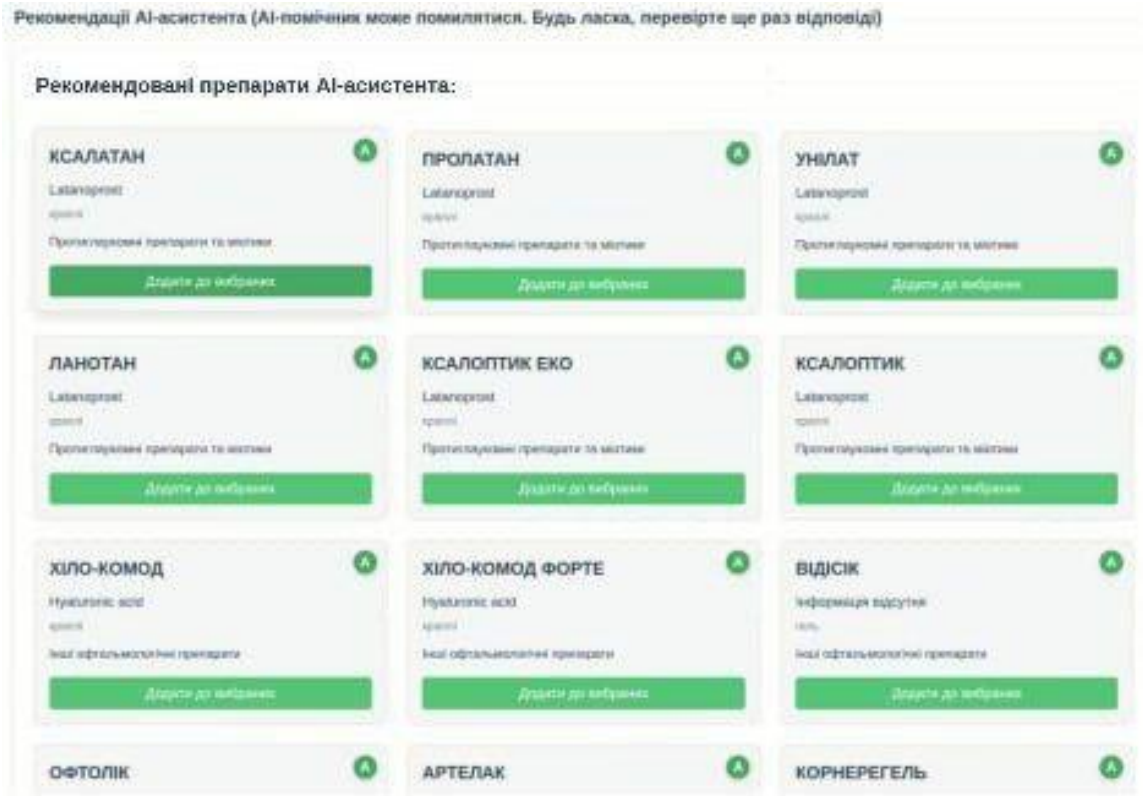

Рисунок 4.21 - Результат ШІ

На рис. 4.22 - результат перевірки сумісності препаратів. Система виявила несумісність між ХІЛО-КОМОД ФОРТЕ та ВІДІСІК через різні діючі речовини (гіалуронова кислота vs карбомер), які можуть взаємодіяти та знижувати ефективність лікування.

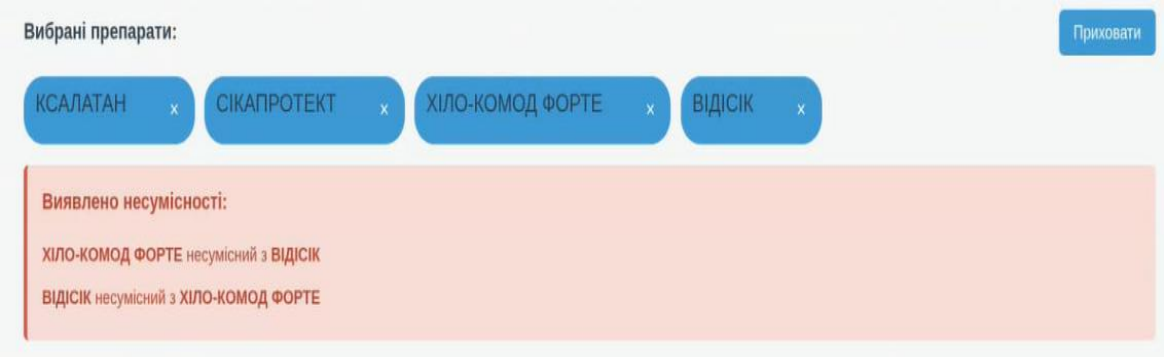

Рисунок 4.22 - Перевірка на сумісність

На рис. 4.23 показано введення того ж анамнезу, але з доданою алергією на "Latanoprost". Після повторного аналізу система адаптувала свої рекомендації.

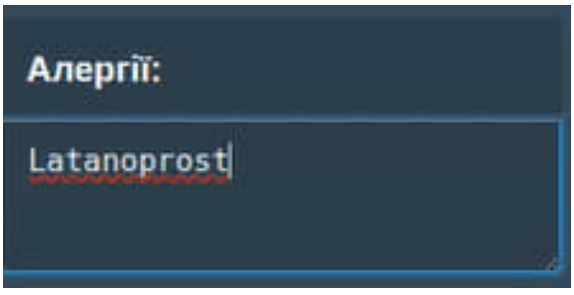

Рисунок 4.23 - Зміна анамнезу

Як видно з рис. 4.24, система повністю виключила всі препарати з Latanoprost та запропонувала альтернативні протиглаукомні препарати з діючою речовиною Travoprost (АГЛУПРОСТ, ТРАВІНОР, ТРАВАПРЕСС РОМФАРМ та інші). Препарати для сухого ока залишились незмінними,

оскільки не містили протипоказаної речовини.

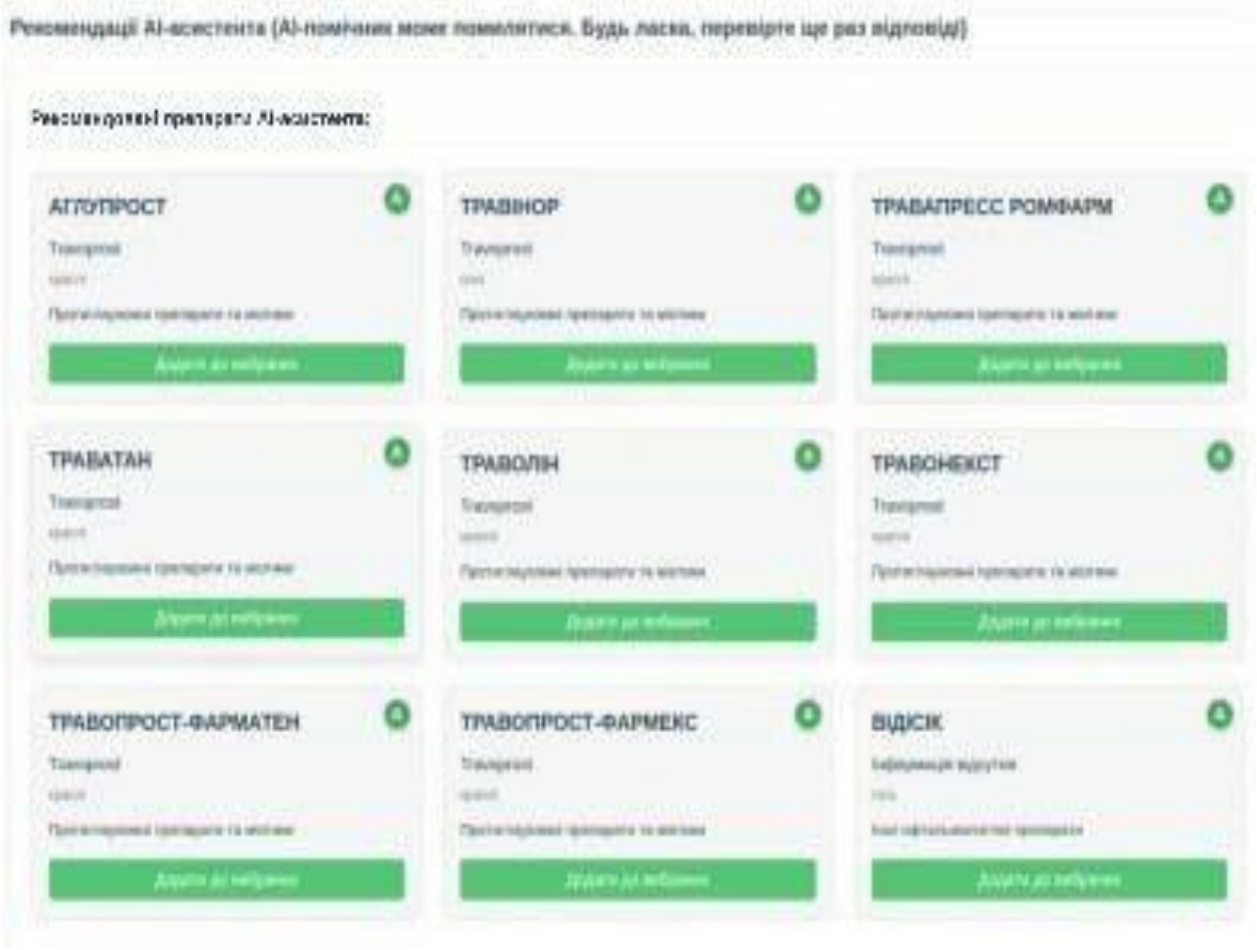

Рисунок 4.24 - Оновлений результат ШІ

Проведене тестування підтвердило коректну роботу всіх основних функцій системи. Система успішно аналізує офтальмологічні діагнози, враховує алергії пацієнтів та виявляє несумісності препаратів.

4.10 Розрахунок економічного ефекту

Метою цього розділу було дослідження програмного продукту, призначеного для офтальмологів із систематизацією лікарських препаратів, перевіркою їх сумісності та підбору аналогів згідно анамнезу пацієнта.

Після визначення ключових функцій програмного продукту було розроблено морфологічну карту, представлену на рис. 4.25, яка відображає можливі варіанти реалізації кожної функції системи.

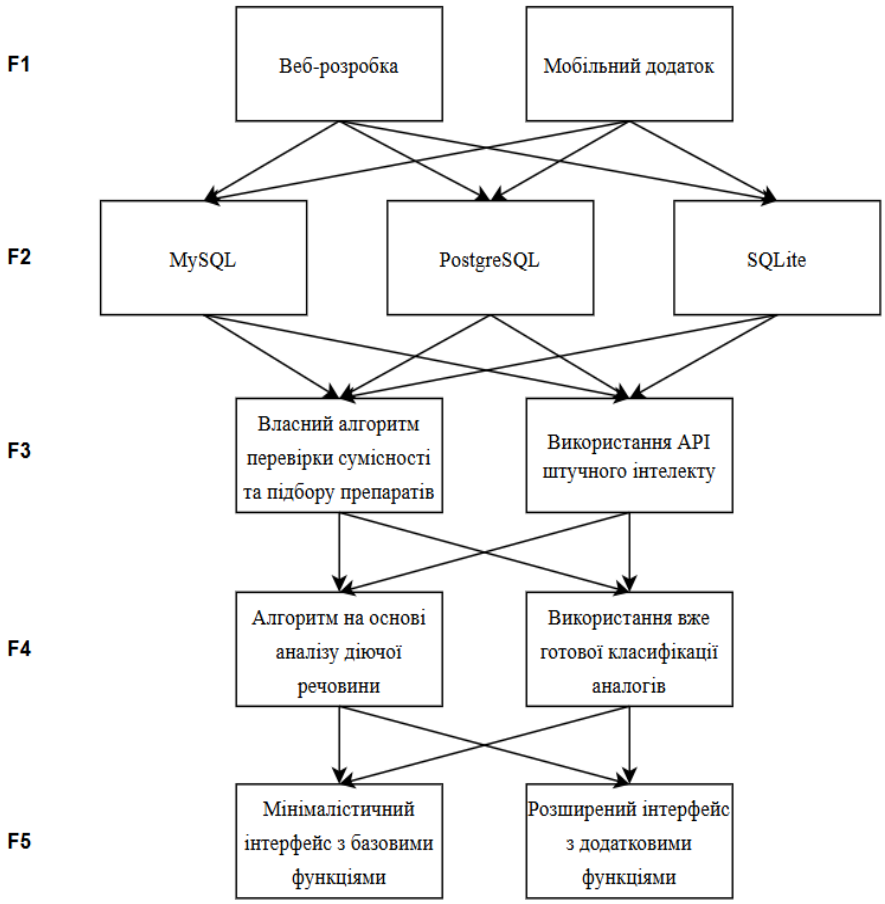

Рисунок 4.25 - Морфологічна карта

На основі проведеного аналізу та порівняння різних варіантів реалізації поставленого завдання було здійснено оцінку для вибору оптимального рішення з урахуванням технічних характеристик програмного продукту та економічних чинників. З цією метою застосовано функціонально-вартісний аналіз для визначення найефективнішого рішення.

Було розглянуто два варіанти реалізації продукту, які відрізнялися вибором системи управління базами даних, після розрахунку технічного рівня кожного варіанту та проведення економічного аналізу найбільш ефективним виявився перший варіант, що передбачає використання веб-розробки, PostgreSQL, API штучного інтелекту для перевірки сумісності та підбору препаратів, готову класифікацію аналогів та мінімалістичний інтерфейс. Витрати на розробку якого становлять 950 286,69 грн.

Висновок до розділу 4

Під час практичної частини роботи було розроблено систему VISIONARY RX з комплексом взаємопов'язаних компонентів для роботи з анамнезом пацієнта та підбором офтальмологічних препаратів. Створено клієнтську частину з компонентами форми анамнезу, відображення рекомендацій та каталогу препаратів, а також серверну частину з інтеграцією API Anthropic та базою даних. Реалізовано основні потоки даних, починаючи від введення анамнезу і закінчуючи формуванням рекомендацій та перевіркою сумісності препаратів. Впроваджено механізми збереження даних між сеансами роботи та ефективну взаємодію між усіма компонентами системи. Розроблена система забезпечує повний цикл роботи з офтальмологічними даними пацієнта.

РОЗДІЛ 5
УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

У даному розділі представлено порівняльний аналіз розробленої системи VISIONARY RX з існуючими аналогами, висвітлено її унікальні особливості, переваги та потенційні обмеження. Проведено оцінку ефективності обраних технологічних рішень у контексті їх практичного застосування в українській офтальмологічній практиці. Наведено перспективи розвитку системи та можливі напрямки її вдосконалення.

5.1 Порівняльний аналіз системи VISIONARY RX з існуючими аналогами

На основі проведеного у розділі 1 аналізу існуючих програмних рішень та обґрунтованого у розділі та 3 вибору засобів реалізації, можна виділити ключові відмінності розробленої системи від аналогів які будуть представлені в таб. 5.1.

Умовні позначення в таблиці:

\+ - характеристика повністю присутня

+/- - характеристика частково присутня/обмежена

\- - характеристика відсутня

Таблиця 5.1

Порівняння VISIONARY RX з аналогами

	VISIONARY RX	Epocrates	Lexi-Interact	IBM Watson Health	Compulink	UpToDate	Epic Systems	Drugs.com
Адаптація до українських стандартів	+	-	-	-	-	-	-	-
Спеціалізація на офтальмології	+	-	-	+/-	+	-	-	-
Мінімалістичний інтерфейс	+	+	-	-	-	-	-	+/-
Персоналізація на основі анамнезу-	+	-	-	+/-	+/-	-	+	-
Автоматична перевірка сумісності	+	+	+	+	+	+	+	+
Економічна доступність	+	+	+/-	-	-	+/-	-	+
Низький поріг входження	+	+	+/-	-	-	+/-	+/-	+
Українська база даних препаратів	+	-	-	-	-	-	-	-

5.2 Унікальні особливості системи VISIONARY RX

Адаптація до українських медичних стандартів - система розроблена з урахуванням Уніфікованого клінічного протоколу медичної допомоги щодо порушень рефракції та акомодації (Наказ МОЗ України № 827). Форма анамнезу включає всі необхідні поля згідно з протоколом, що забезпечує точний збір клінічно значущої інформації відповідно до українських стандартів.

Інтеграція з українським реєстром лікарських засобів - база даних офтальмологічних препаратів розроблена на основі офіційного реєстру Державної служби України з лікарських засобів та контролю за наркотиками. Вона містить понад 16 000 актуальних препаратів з усіма необхідними характеристиками.

Комплексний підхід до аналізу анамнезу - використання моделі Claude 3.7 Sonnet дозволяє здійснювати контекстуальне розуміння медичних даних, встановлювати взаємозв'язки між різними елементами анамнезу та забезпечувати комплексний аналіз стану пацієнта.

Мінімалістичний дизайн інтерфейсу - на відміну від перевантажених інтерфейсів аналогів, VISIONARY RX пропонує зниження когнітивного навантаження, інтуїтивно зрозумілу навігацію та низький поріг входження, що дозволяє лікарю зосередитися на клінічних рішеннях, а не на взаємодії з інтерфейсом.

Архітектура SPA з безперервним робочим процесом - збереження стану додатку при навігації між різними функціональними розділами дозволяє лікарю постійно мати доступ до введених даних анамнезу та обраних препаратів, що принципово відрізняється від аналогів, де перехід між розділами вимагає повторного введення даних.

Інформаційний довідник з українськими джерелами - система містить матеріали зі збірника праць науково-практичної конференції офтальмологів ("Рефракційний пленер'24"), надані авторитетними українськими

організаціями, що відрізняє VISIONARY RX від міжнародних систем, які базуються на рекомендаціях зарубіжних регуляторів.

5.3 Потенційні обмеження системи

Попри значні переваги, система VISIONARY RX має певні обмеження.

Залежність від якості інтернет-з'єднання - як веб-платформа, система потребує стабільного інтернет-з'єднання для повноцінної роботи, особливо при взаємодії з API Anthropic.

Відсутність повної відповідності рівню AA стандартів WCAG - хоча в системі впроваджено базові принципи доступності, повної відповідності рівню AA стандартів WCAG на поточному етапі розробки не досягнуто.

Обмеження використаної моделі штучного інтелекту - обрана модель Claude 3.7 Sonnet має певні обмеження щодо аналізу надскладних клінічних випадків та рідкісних офтальмологічних патологій.

Залежність від актуальності бази даних - ефективність системи залежить від регулярного оновлення бази даних офтальмологічних препаратів відповідно до змін в офіційному реєстрі.

Час відповіді API Anthropic становить 3-15 секунд залежно від складності анамнезу.

5.4 Перспективи розвитку системи

Розроблена система має значний потенціал для подальшого вдосконалення та розширення функціональності.

Розширення бази даних - включення додаткових параметрів про препарати, таких як детальна інформація про побічні ефекти, особливості застосування у пацієнтів різних вікових груп, тощо.

Інтеграція з електронними медичними картками - реалізація можливості отримання даних анамнезу безпосередньо з електронної медичної картки пацієнта, що зменшить час на введення даних та підвищить точність аналізу.

Розширення функціональності для інших офтальмологічних процедур - додавання модулів для підбору та аналізу ефективності не лише медикаментозного лікування, але й інших офтальмологічних процедур. Вдосконалення алгоритмів штучного інтелекту - впровадження більш складних алгоритмів аналізу анамнезу та підбору препаратів, що враховуватимуть більше факторів та забезпечуватимуть ще точніші рекомендації.

Покращення доступності системи - досягнення повної відповідності стандартам WCAG рівня AA та впровадження додаткових функцій для користувачів з обмеженими можливостями.

Мобільна версія системи - розробка адаптованої для мобільних пристроїв версії системи, зберігаючи при цьому переваги веб-платформи.

Висновок до розділу 5

У даному розділі було проведено порівняльний аналіз системи VISIONARY RX з існуючими аналогами, який підтвердив її переваги в контексті адаптації до українських медичних стандартів, економічної ефективності та зручності використання. Виділено унікальні особливості системи, такі як інтеграція з українським реєстром лікарських засобів, комплексний підхід до аналізу анамнезу та мінімалістичний дизайн інтерфейсу. Визначено потенційні обмеження системи та перспективи її подальшого розвитку.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи розроблено веб-платформу VISIONARY RX для офтальмологів із систематизацією лікарських препаратів, що підвищує ефективність призначення лікування офтальмологічних захворювань.

Проведений критичний аналіз виявив суттєві обмеження існуючих аналогів: відсутність спеціалізації на офтальмології, невідповідність українським стандартам, висока вартість впровадження та складність інтерфейсу. Виявлено потребу в системі, яка б поєднувала аналіз анамнезу з підбором препаратів та враховувала специфіку українського фармацевтичного ринку.

Для подолання виявлених розривів обґрунтовано вибір веб-платформи з архітектурою SPA, що забезпечує універсальний доступ та швидку реакцію інтерфейсу. Серверна частина реалізована на Python з FastAPI, для зберігання даних використовується PostgreSQL, а для аналізу анамнезу - модель Claude 3.7 Sonnet через API Anthropic. Мінімалістичний дизайн інтерфейсу знижує когнітивне навантаження та забезпечує низький поріг входження.

Розроблена система включає компоненти для введення анамнезу, відображення рекомендацій з аналогами, перегляду каталогу препаратів, інструкцію, довідник та перевірку сумісності. Забезпечено адаптацію до українських медичних стандартів через відповідність Уніфікованому клінічному протоколу МОЗ України. Тестування підтвердило функціональність системи та її переваги порівняно з аналогами. Функціонально-вартісний аналіз продемонстрував економічну ефективність обраного рішення з витратами на розробку 950 286,69 грн. Виявлено обмеження системи, такі як залежність від якості інтернет-з'єднання та актуальності бази даних, що визначають напрямки подальшого розвитку: інтеграція з електронними медичними картками, розширення

функціональності та вдосконалення алгоритмів штучного інтелекту.

Створена веб-платформа VISIONARY RX ефективно закриває виявлені розриви, забезпечуючи спеціалізовану систему для офтальмології, адаптовану до українських медичних стандартів, з економічно доступним та інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом. Результати роботи апробовано на міжнародній конференції Complex Matter and AI: Connectivity, Information and Adaption.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 ANTHROPIC [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://docs.anthropic.com/claude/docs.

2 Compulink Advantage Software [Електронний ресурс] // EMR Systems. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://www.emrsystems.net/compulink-advantage-software/.

3 Compulink at ASCRS 2024 [Електронний ресурс] // Compulink Healthcare Solutions. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://www.compulinkadvantage.com/press-release/compulink-at-ascrs-2024/.

4 Compulink Healthcare Solutions Pricing [Електронний ресурс] // GetApp. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://www.getapp.com/healthcare-pharmaceuticals-software/a/compulink-healthcare-solutions/pricing/.

5 Compulink Unveils New Efficiency-Enhancing EHR Features at Caribbean Eye [Електронний ресурс] // Compulink Healthcare Solutions. – Режим доступу до ресурсу: https://compulinkadvantage.com/press-release/compulink-unveils-new-efficiency-enhancing-ehr-features-at-caribbean-eye/.

6 Drugs.com [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Drugs.com. – Режим доступу до ресурсу: https://www.drugs.com/.

7 Epic building out 'agentic AI' as it also broadens focus beyond EHRs [Електронний ресурс] // Fierce Healthcare. – Режим доступу до ресурсу: https://www.fiercehealthcare.com/ai-and-machine-learning/epic-building-out-agentic-ai-it-also-broadens-focus-beyond-ehrs.

8 Epic Systems [Електронний ресурс] // Wikipedia. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://en.wikipedia.org/wiki/Epic_Systems.

9 Epic's AI capabilities enhance experiences for patients, clinicians, and healthcare operations [Електронний ресурс] // Epic. – Режим доступу до ресурсу: https://www.epic.com/software/ai/.

10 Epocrates [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Epocrates. – Режим

доступу до ресурсу: https://www.epocrates.com/.

11 Evaluation of the functionality of available drug-drug interaction mobile applications [Електронний ресурс] // NCBI. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7064701/.

12 FASTAPI [Електронний ресурс] // TIANGOLO. – Режим доступу до ресурсу: https://fastapi.tiangolo.com/.

13 How Much Does Epic Cost? [Електронний ресурс] // Folio3 Digital Health. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://digitalhealth.folio3.com/blog/how-much-does-epic-cost/.

14 IBM pitched its Watson supercomputer as a revolution in cancer care. It's nowhere close [Електронний ресурс] // STAT News. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://www.statnews.com/2017/09/05/watson-ibm-cancer/.

15 IBM pitched its Watson supercomputer as a revolution in cancer care. It's nowhere close [Електронний ресурс] // STAT News. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://www.statnews.com/2017/09/05/watson-ibm-cancer/.

16 IBM Watson Health says AI clinical decision support making progress [Електронний ресурс] // Healthcare IT News. – Режим доступу до ресурсу: https://www.healthcareitnews.com/news/ibm-watson-health-says-ai-clinical-decision-support-making-progress.

17 IBM Watson Health: From Winning Jeopardy! To Private Equity [Електронний ресурс] // ISG. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://isg-one.com/articles/ibm-watson-health-from-winning-jeopardy!-to-private-equity.

18 IBM's Watson Was Once Heralded as the Future of Healthcare. What Went Wrong? [Електронний ресурс] // Healthcare Digital. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://www.healthcare.digital/single-post/ibm-s-watson-was-once-heralded-as-the-future-of-healthcare-what-went-wrong.

19 LEARN WEB DEVELOPMENT: CSS AND JAVASCRIPT ACCESSIBILITY [Електронний ресурс] // MDN Web Docs. – Режим доступу до ресурсу: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn_web_development/Core/Accessibility/CSS_and_JavaScript.

20 Lexicomp Packages & Pricing [Електронний ресурс] // Lexi-Comp Inc. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://online.lexi.com/lco/splashes/newtemplate/academic/packages-prices.html.

21 Manhattan Research "Taking the Pulse 2013" [Електронний ресурс] // MobiHealthNews. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://www.mobihealthnews.com/22234/half-of-us-physicians-use-epocrates-on-tablets.

22 Ophthalmology EHR Software [Електронний ресурс] // Compulink Healthcare Solutions. – Режим доступу до ресурсу: https://compulinkadvantage.com/ophthalmology/.

23 Patel R. I., Beckett R. D. Evaluation of resources for analyzing drug interactions [Електронний ресурс] // NCBI. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5079490/.

24 POSTGRESQL [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://www.postgresql.org/.

25 PYTHON [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: https://www.python.org/.

26 Rahmanzadeh R. et al. Evaluation of drug interaction softwares: Comparison of ability to detect potential drug interactions [Електронний ресурс] // PubMed. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27843962/.

27 REACT LEGACY DOCUMENTATION [Електронний ресурс] // REACT. – Режим доступу до ресурсу: https://legacy.reactjs.org/.

28 RxNav [Електронний ресурс] // Національна медична бібліотека США. – Режим доступу до ресурсу: https://lhncbc.nlm.nih.gov/RxNav/.

29 Shimizu T. et al. Relationship between Evidence and Recommendations in Clinical Practice Guidelines for Cardiovascular Diseases [Електронний ресурс] // PubMed. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29195700.

30 SINGLE-PAGE APPLICATION (SPA) [Електронний ресурс] // MOZILLA DEVELOPER NETWORK. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Glossary/SPA.

31 UpToDate [Електронний ресурс] // Офіційний сайт UpToDate. – Режим доступу до ресурсу: https://www.uptodate.com/.

32 Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2 [Електронний ресурс] // W3C. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: https://www.w3.org/TR/WCAG22/.

33 What Happened to IBM Watson Health and Where Is It Now? [Електронний ресурс] // Slate. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://slate.com/technology/2022/01/ibm-watson-health-failure-artificial-intelligence.html.

34 Взаємодія лікарських засобів [Електронний ресурс] // Compendium.com.ua. – Режим доступу до ресурсу: https://compendium.com.ua/uk/clinical-guidelines-uk/cardiology-uk/section-6-uk/glava-5-vzayemodiya-likarskih-zasobiv/.

35 ВОСЬМИЙ ВСЕУКРАЇНЬСКИЙ РЕФРАКЦІЙНИЙ ПЛЕНЕР`24 [Електронний ресурс]. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://plener.kiev.ua/wp-content/uploads/2024/12/zbirnik_tez_refraction_plener_2024.pdf.

36 ЛІКІКОНТРОЛЬ [Електронний ресурс] – 2025. – Режим доступу до ресурсу: https://likicontrol.com.ua/%D0%BF%D0%BE%D1%88%D1%83%D0%BA-%D0%BB%D1%96%D0%BA%D1%96%D0%B2/.

37 ПОРУШЕННЯ РЕФРАКЦІЇ ТА АКОМОДАЦІЇ [Електронний ресурс] // ДЕРЖАВНИЙ ЕКСПЕРТНИЙ ЦЕНТ МОЗ УКРАЇНИ – 2025 – Режим доступу до ресурсу: https://www.dec.gov.ua/mtd/porushennya-refrakcziyi-ta-akomodacziyi/.

38 Пошук аналогів [Електронний ресурс] // LikiControl. – Режим доступу до ресурсу:

https://likicontrol.com.ua/%D0%BF%D0%BE%D1%88%D1%83%D0%BA-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D0%B2/.

39 Пошук препаратів за міжнародною непатентованою назвою [Електронний ресурс] // LikiControl. – Режим доступу до ресурсу: https://likicontrol.com.ua/%D0%BF%D0%BE%D1%88%D1%83%D0%BA-%D0%BF%D1%80%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82%D1%96%D0%B2-%D0%B7%D0%B0-%D0%BC%D1%96%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%8E-%D0%BD%D0%B5%D0%BF%D0%B0/.

40 Технології штучного інтелекту в сучасній медицині: впровадження та проблематика [Електронний ресурс] // Український медичний часопис. – Режим доступу до ресурсу: https://umj.com.ua/uk/publikatsia-257497-tehnologiyi-shtuchnogo-intelektu-v-suchasnij-meditsini-vprovadzhennya-ta-problematika.

41 УНІФІКОВАНИЙ КЛІНІЧНИЙ ПРОТОКОЛ ПЕРВИННОЇ, ВТОРИННОЇ (СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ), ТРЕТИННОЇ (ВИСОКОСПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ) МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ [Електронний ресурс] // МОЗ УКРАЇНИ. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: https://www.dec.gov.ua/wp-content/uploads/2019/11/2015_827_ykpmd_porref.pdf.

42 ШІ-інструмент DrugGPT допоможе лікарям призначати ліки та уникати помилок [Електронний ресурс] // Волинь News. – Режим доступу до ресурсу: https://www.volynnews.com/news/all/shi-instrument-DrugGPT-dopomozhe-likariam-pryznachaty-liky-ta-unykaty-pom/.

43 Personalized ophthalmology [Електронний ресурс] / L.F. Porter, G.C.M. Black // PMC. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4232096/.

44 Applications and Current Medico-Legal Challenges of Telemedicine in Ophthalmology [Електронний ресурс] / D. Mazzuca, M. Borselli, S. Gratteri [та ін.] // PMC. – 2022. – Режим доступу до ресурсу:

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9101177/.

45 User-Centred Design and Development of a Smartphone Application (OverSight) for Digital Phenotyping in Ophthalmology [Електронний ресурс] / K. Devraj, L. Jones, B. Higgins [та ін.] // Healthcare. – 2024. – Режим доступу до ресурсу: https://www.researchgate.net/publication/387176030_User-Centred_Design_and_Development_of_a_Smartphone_Application_OverSight_for_Digital_Phenotyping_in_Ophthalmology.

46 Electronic Health Records in Ophthalmology: Source and Method of Documentation [Електронний ресурс] / B. Henriksen, I.H. Goldstein, A. Rule [та ін.] // PMC. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7073273/.

47 Digital technology, tele-medicine and artificial intelligence in ophthalmology: A global perspective [Електронний ресурс] / J.-P.O. Li, H. Liu, D.S.J. Ting [та ін.] // PMC. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7474840/.

48 Про затвердження Порядку проведення експертизи реєстраційних матеріалів на лікарські засоби, що подаються на державну реєстрацію (перереєстрацію), а також експертизи матеріалів про внесення змін до реєстраційних матеріалів протягом дії реєстраційного посвідчення: Наказ МОЗ України № 426 від 26.08.2005 р. [Електронний ресурс] // Закон онлайн. – 2005. – Режим доступу до ресурсу: https://zakononline.com.ua/documents/show/256906___784984.