

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»

Факультет інформаційних технологій  
(факультет)

Кафедра системного аналізу та управління  
(повна назва)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

Студента Сирота Софія Дмитрівна  
академічної групи 124-20з-1  
спеціальності 124 Системний аналіз

на тему: «Розробка системи підтримки прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів»

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	Інституційною	
кваліфікаційної роботи	<i>к.т.н., доц. Станіна О.Д.</i>			
розділів:				
Інформаційно- аналітичний	<i>к.т.н., доц. Станіна О.Д.</i>			
Спеціальний розділ	<i>к.т.н., доц. Станіна О.Д.</i>			
Рецензент				
Нормоконтролер	<i>к.ф.-м.н., доц. Хом'як Т.В.</i>			

Дніпро  
2024

ЗАТВЕРДЖЕНО:  
завідувач кафедри  
Системного аналізу та управління  
(повна назва)

\_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Желдак Т.А.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
ступеня бакалавра

студенту Сироті С.Д. академічної групи 124-20з-1  
спеціальності: 124 Системний аналіз  
на тему «Розробка системи підтримки прийняття рішень щодо  
призначення антибактеріальних засобів»  
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка»  
від 23.05.2024 р. №470-с

Розділ	Зміст	Терміни виконання
1. Інформаційно-аналітичний розділ	<i>Проаналізувати структуру об'єкта дослідження. Визначити предметну область дослідження та проблему, що розв'язується. Обґрунтувати методи виконання поставлених завдань</i>	11.09.2023 – 01.03.2024
2. Спеціальний розділ	<i>Розв'язати поставлені задачі: розробити алгоритми та створити систему підтримки прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів, враховуючи основні фактори, які впливають на призначення антибіотиків.</i>	01.03.2024 – 30.05.2024

Завдання видано \_\_\_\_\_ доц. Станіна О.Д.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Дата видачі: 05.09.2023 р.

Дата подання до екзаменаційної комісії: \_\_\_\_\_

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_ Сирота С.Д.  
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 95 с., 50 рис., 4 додатків, 29 джерел.

*Об'єкт* дослідження – процес прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів.

*Предмет* дослідження – система підтримки прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів.

*Мета роботи* – розробка системи підтримки прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів для підвищення обґрунтованість їх використання.

Методи дослідження: методи синтезу, логічного узагальнення, критичного аналізу та порівняння, системного підходу, теорії реляційних баз даних, теорії прийняття рішень, теорії побудови автоматизованих інформаційних систем, інтелектуального аналізу даних.

Робота включає в себе два розділи. В *інформаційно–аналітичному розділі* проведено аналітичний огляд літератури, описано об'єкт дослідження, проблематику та постановку задачі, обґрунтовано обрані методи вирішення поставленої задачі.

У *спеціальному розділі* проектується програмне забезпечення, що використовується, надається опис програми та інструкція користувача.

*Практична цінність роботи* полягає у розробці програмного забезпечення, яке дозволяє знизити ймовірність помилок та збільшити продуктивність праці медичного персоналу, тим самим сприяючи покращенню здоров'я населення України.

Ключові слова: АНТИБАКТЕРІАЛЬНІ ЗАСОБИ, БАЗА ДАНИХ, СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ, АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНІСТЬ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В МЕДИЦИНІ.

## ABSTRACT

Explanatory note: 95 p., 20 figures, 4 appendices, 29 sources.

The object of research – the process of decision-making on the prescription of antibacterial agents.

The subject of research – decision support system for the prescription of antibacterial agents.

The purpose of research: to develop a decision support system for the prescription of antibacterial agents to improve the quality and validity of their usage.

Research methods: methods of synthesis, logical generalization, critical analysis and comparison, systematic approach, relational database theory, decision-making theory, theory of automated information systems, data mining.

The work includes two sections. The informational and analytical section contains analytical review of the literature, description of the object of research and the problem, the setting of tasks and justification of the methods for solving the problem.

The used software is designed in the special section, as well as the description of the program and the user manual are provided in it.

The practical value of the work lies in the development of software that reduces the likelihood of errors and increases the productivity of medical personnel, thereby contributing to the improvement of the health of the population of Ukraine.

Keywords: ANTIBACTERIAL AGENTS, DATABASE, DECISION SUPPORT SYSTEM, ANTIBIOTIC RESISTANCE, SOFTWARE IN MEDICINE.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	9
1.1 Вивчення предметної області .....	9
1.1.1 Сучасний стан щодо резистентності.....	9
1.1.2 Основні принципи та складнощі призначення антибактеріальних засобів.....	13
1.2 Особливості сучасних систем підтримки прийняття рішень .....	19
1.2.1 Системи підтримки прийняття рішень .....	19
1.2.2 Планування розробки СППР .....	22
1.2.3 Обґрунтування вибору методу розв’язку .....	23
1.2.4 Аналіз існуючих СППР по призначення антибактеріальних засобів .....	27
1.3 Постановка задачі .....	29
1.4 Висновки до розділу 1 .....	32
2. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ .....	34
2.1 Розробка програмного застосунку .....	34
2.1.1 Структурно-функціональне моделювання проекту .....	34
2.1.2 Діаграма Use-Case.....	38
2.1.3 Опис алгоритму прийняття рішення.....	40
2.1.4 База даних .....	48
2.1.5 Опис процесу роботи програмного коду.....	56
2.2 Огляд програмного застосунку.....	59
2.2.1 Опис програми .....	59
2.3.2 Запуск програмного застосунку .....	60
2.3.3 База даних .....	61
2.3.4 Головне вікно СППР.....	65
2.3.5 Оновлення даних.....	67
2.3.6 Загальний пошук .....	67
2.3.7 Пацієнт-орієнтований пошук.....	71

	6
2.3.8 Приклади застосування СППР .....	75
2.4 Висновки до розділу 2 .....	87
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	90
ДОДАТОК А Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи .....	94
ДОДАТОК Б Відгук.....	95
ДОДАТОК В Тези з конференцій.....	96

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Антибактеріальна резистентність є однією з проблем, які турбують суспільство сьогодні. Через нераціональне використання антибіотиків людству з кожним роком стає все складніше боротися зі збудниками інфекцій. Все більшу кількість хвороб (пневмонія, туберкульоз, гонорея тощо) стає складніше лікувати через зниження ефективності антибіотиків. Через це, також, збільшується час на госпіталізацію, медичні витрати і, навіть, смертність.

Зрозуміло, що така ситуація серйозно турбує медиків, вчених та всіх тих, хто працює в медичній сфері. Ще в 2015 році Всесвітня організація **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]** охорони здоров'я запропонувала Глобальний план дій по боротьбі зі стійкістю до протимікробних препаратів, але як показав звіт Глобальної системи спостереження за стійкістю та використанням антимікробних препаратів за 2022 рік не дивлячись на вже існуючі антирезистентні заходи, поточна ситуація з кожним роком стає все складнішою. Тому питання доцільного використання антибактеріальних засобів як ніколи актуально.

З іншого боку слід розуміти, що якщо у випадку пацієнта головна задача є чітке виконання призначень лікаря та відсутність самолікування, то у випадку медичного працівника мова йде про велику кількість інформації, які лікар повинен враховувати при призначенні антибіотиків, а з урахуванням постійних оновлень рекомендацій і майже щоденно нових досліджень щодо питання резистентності працювати з таким об'ємом інформації, буває досить складно. І, здається, що одним із можливих шляхів вирішення цієї проблеми є впровадження інформаційних технологій в медицині.

Одним із напрямків такого впровадження може стати створення систем підтримки прийняття рішень (СППР), адже останні, при правильному використанні, дають можливість підвищувати якість обслуговування пацієнтів, точніше встановлювати діагноз, оптимізувати робочий час лікаря,

інтерпретувати діагностичні дані, формулювати алгоритми лікування тощо.

*Об'єкт* дослідження – процес прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів.

*Предмет* дослідження – система підтримки прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів.

*Мета роботи* – розробка системи підтримки прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів для підвищення обґрунтованість їх використання.

Для цього необхідно вирішити наступні *задачі*:

- провести вивчення предметної області та виявити актуальні задачі;
- проаналізувати існуючі підходи та рішення щодо призначення антибактеріальних засобів та обрати найкращі з них;
- вибрати інструменти та технології для розробки системи підтримки прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів та сформулювати відповідні дані;
- створити програмний застосунок та проаналізувати результати його роботи.

*Методи дослідження*: методи синтезу, логічного узагальнення, критичного аналізу та порівняння, системного підходу, теорії реляційних баз даних, теорії прийняття рішень, теорії побудови автоматизованих інформаційних систем, інтелектуального аналізу даних.

*Практична цінність роботи* полягає у розробці програмного забезпечення, яке дозволяє знизити ймовірність помилок та збільшити продуктивність праці медичного персоналу, тим самим сприяючи покращенню здоров'я населення України.

Отримані наукові результати відображено у публікації [2]. Апробація результатів кваліфікаційної роботи здійснена на I (VII) міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інформаційні технології: теорія і практика».

Випускна кваліфікаційна робота бакалавра включає наступні частини:



вступ, два розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ**

### **1.1 Вивчення предметної області**

#### **1.1.1 Сучасний стан щодо резистентності**

Антибактеріальні засоби (антибіотики) – це речовини біологічного походження, що синтезуються мікроорганізмами або отримуються з рослинних і тваринних тканин, а також їх напівсинтетичні і синтетичні аналоги, які вибірково пригнічують життєздатність чутливих до них мікроорганізмів. Створення антибіотиків дозволило зробити прорив в лікуванні хвороб, які до цього вважалися невиліковним, тим самим продовживши життя мільйонам людей. Але не дивлячись на безумовну ефективність їх використання при боротьбі з мікроорганізмами, прийом антибіотиків не є таким безневинним, адже пригнічуючи шкідливих мікроорганізмів, антибіотики, також негативно впливають на імунітет організму в цілому.

В 2022 році Європейським центром з профілактики та контролю захворювань (European Centre for Disease Prevention and Control, ECDC) була опублікована статистика використання різних класів антибіотиків, за допомогою якої можна відстежувати тенденції призначення ліків. На рисунку (рис. 1.1) [3] зображено, наприклад, тенденції споживання тетрациклінів (група АТС J01A) – однієї з найбільш застосовуваних груп антибіотиків широкого спектра дії. Як можна бачити з таблиці, в середньому, з роками зростає кількість призначення цієї групи антибактеріальних засобів.

Table D8. Trends in consumption of tetracyclines (ATC group J01A) in the hospital sector, EU/EEA countries, 2013–2022, expressed as DDD per 1 000 inhabitants per day

Country name	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Time series 2013–2022	Trend	Compound annual growth rate (CAGR)
Austria							0,054	0,057	0,054	0,053		N/A	N/A
Belgium	0,017	0,016	0,017	0,017	0,017	0,016	0,017	0,016	0,015	0,014		↓	-0,8%
Bulgaria	0,019	0,022	0,019	0,022	0,013	0,013	0,019	0,041	0,061	0,021		-	4,9%
Croatia	0,046	0,041	0,040	0,036	0,036	0,033	0,036	0,029	0,026	0,026		↓	-6,1%
Czechia									0,048	0,163		N/A	N/A
Denmark	0,033	0,036	0,038	0,043	0,042	0,047	0,060	0,047	0,048	0,051		↑	5,0%
Estonia	0,082	0,059	0,055	0,041	0,036	0,039	0,034	0,037	0,033	0,032		↓	-9,9%
Finland (a)	0,217	0,210	0,188	0,184	0,162	0,162	0,180	0,122	0,102	0,133		↓	-5,3%
France	0,021	0,029	0,018	0,019	0,028	0,031	0,038	0,051	0,065	0,046		↑	9,4%
Greece	0,045	0,053	0,053	0,056	0,059	0,059	0,059	0,060	0,078	0,081		↑	6,8%
Hungary	0,032	0,033	0,035	0,028	0,030	0,032	0,102	0,056	0,063	0,048		-	4,7%
Iceland					0,184	0,140	0,157	0,119	0,031	0,044		N/A	N/A
Ireland	0,029	0,028	0,038	0,036	0,037	0,049	0,048	0,053	0,049	0,054		↑	7,2%
Italy	0,024	0,029	0,029	0,029	0,033	0,034	0,036	0,043	0,030	0,029		-	2,2%
Latvia	0,121	0,127	0,110	0,102	0,114	0,135	0,096	0,198	0,189	0,114		-	-0,6%
Lithuania	0,070	0,077	0,065	0,057	0,054	0,054	0,049	0,047	0,042	0,048		↓	-4,2%
Luxembourg	0,010	0,007	0,012	0,009	0,016	0,012	0,010	0,020	0,016	0,017		N/A	6,3%
Malta	0,073	0,131	0,170	0,306	0,168	0,117	0,116	0,153	0,090	0,109		-	4,5%
Netherlands	0,022	0,023	0,025	0,022	0,021	0,023	0,021	0,019	0,016	0,022		↓	-0,4%
Norway	0,061	0,069	0,072	0,073	0,074	0,071	0,075	0,067	0,063	0,068		-	1,1%
Poland		0,066	0,067	0,005	0,061	0,056	0,055	0,051	0,036	0,040		-	-6,1%
Portugal	0,015	0,016	0,016	0,017	0,018	0,018	0,017	0,017	0,018	0,019		↑	2,1%
Romania							0,044	0,044	0,046	0,027		N/A	N/A
Slovakia	0,030	0,037	0,036	0,035	0,035	0,044	0,043	0,041	0,065	0,034		-	1,2%
Slovenia	0,013	0,014	0,014	0,016	0,019	0,018	0,018	0,012	0,018	0,021		-	5,2%
Spain				0,015	0,015	0,014	0,014	0,022	0,016	0,019		N/A	N/A
Sweden	0,191	0,179	0,200	0,181	0,178	0,159	0,152	0,131	0,119			↓	-5,8%
<b>EU/EEA*</b>	<b>0,031</b>	<b>0,036</b>	<b>0,032</b>	<b>0,032</b>	<b>0,035</b>	<b>0,037</b>	<b>0,043</b>	<b>0,046</b>	<b>0,048</b>	<b>0,041</b>		↑	3,1%
United Kingdom	0,208	0,224	0,216	0,226	0,234	0,273	0,314					N/A	N/A
Reported EU/EEA**	0,073	0,078	0,075	0,064	0,072	0,079	0,086	0,046	0,044	0,041		N/A	N/A

All country data are shown as they are reported to The European Surveillance System.

Hospital sector data not reported

(a) Finland: data include consumption in remote primary healthcare centres and nursing homes.

\* EU/EEA refers to the population-weighted mean consumption based on 20 EU/EEA countries: AT, CY, CZ, DE, ES, PL, RO, ES, SE and UK were excluded.

\*\* Crude EU/EEA refers to the population-weighted mean consumption based on all reported data available for the specific year and includes the UK for the years 2013–2019.

N/A – Not applicable. Trend analyses was not performed and CAGR not calculated because of missing data, changes in the type of data or change in data process.

Luxembourg changed data process in 2020 (both sectors) and 2022 (hospital sector only), which could have an impact on comparability across years.

Рисунок 1.1 – Тенденції споживання тетрациклінів у лікарняному секторі країн ЄС за 2013–2022 роки, розраховані на 1000 жителів, на день

Справа в тому, що тетрациклін вважається широкоспектральним класом антибіотиків, розвиток резистентності до яких є особливо критичним. Згідно до дослідження [4], збільшення використання антибіотиків призводить до збільшення частоти виникнення резистентності до них у пацієнтів. Крім того, необґрунтоване та неправильне застосування антибіотиків часто використовується як сурогатний маркер резистентності бактерій, якому можна запобігти [5]. Таким чином, підвищенню резистентності бактерій сприяє еволюційний тиск та антибіотики в результаті надмірного та неправильного їх використання, а надмірне споживання антибактеріальних засобів є критичним фактором у розвитку резистентності, що підтверджується в дослідженнях у джерелах [6-8].

Крім того, згідно до статистики ECDC, зменшується використання деяких антибіотиків вузького спектру дії. Таку тенденцію мають вузькоспектральні макроліди, лінкозаміди і стрептограміни (рис. 1.2 [3]). Цей напрямок змін є небажаним з кількох причин. По-перше, антибіотики вузького спектру зазвичай мають менший вплив на нормальну мікрофлору організму, що зменшує ризик розвитку супутніх інфекцій. По-друге, застосування антибіотиків вузького спектру сприяє зменшенню резистентності серед патогенних мікроорганізмів, оскільки ці антибіотики діють цілеспрямовано на певні види бактерій.

**Table D13. Trends in consumption of macrolides, lincosamides and streptogramins (ATC group J01F) in the hospital sector, EU/EEA countries, 2013–2022, expressed as DDD per 1 000 inhabitants per day**

Country name	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Time series 2013-2022	Trend	Compound annual growth rate (CAGR)
Austria							0,15	0,13	0,11	0,13		N/A	N/A
Belgium	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	0,09	0,09		-	-1,1%
Bulgaria	0,14	0,14	0,11	0,11	0,11	0,13	0,12	0,23	0,13	0,09		-	-4,8%
Croatia	0,15	0,14	0,15	0,15	0,16	0,16	0,18	0,19	0,21	0,21		↑	3,8%
Czechia										0,29	0,72	N/A	N/A
Denmark	0,09	0,09	0,10	0,11	0,13	0,14	0,14	0,12	0,10	0,10		-	1,6%
Estonia	0,16	0,18	0,16	0,13	0,16	0,17	0,16	0,17	0,12	0,15		-	-0,7%
Finland (a)	0,14	0,13	0,14	0,13	0,12	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11		↓	-2,9%
France	0,10	0,12	0,11	0,11	0,12	0,11	0,13	0,16	0,12	0,13		-	2,1%
Greece	0,18	0,19	0,18	0,15	0,13	0,14	0,14	0,20	0,08	0,11		-	-5,3%
Hungary	0,11	0,12	0,13	0,11	0,12	0,12	0,13	0,19	0,15	0,11		-	-0,2%
Iceland					0,21	0,19	0,15	0,15	0,06	0,10		N/A	N/A
Ireland	0,28	0,28	0,27	0,26	0,24	0,24	0,22	0,18	0,15	0,18		↓	-4,8%
Italy	0,19	0,20	0,19	0,18	0,18	0,18	0,20	0,31	0,11	0,16		-	-1,5%
Larvia	0,15	0,16	0,17	0,13	0,14	0,14	0,14	0,18	0,09	0,10		-	-4,4%
Lithuania	0,07	0,10	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,10	0,06	0,08		-	1,2%
Luxembourg	0,16	0,15	0,15	0,14	0,15	0,12	0,13	0,13	0,12	0,13		N/A	N/A
Malta	0,22	0,25	0,35	0,32	0,33	0,24	0,25	0,24	0,17	0,23		-	0,4%
Netherlands	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04		↓	-4,4%
Norway	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05		↓	-5,1%
Poland		0,08	0,09	0,07	0,09	0,09	0,08	0,11	0,09	0,08		-	-0,8%
Portugal	0,16	0,15	0,16	0,17	0,16	0,16	0,16	0,17	0,16	0,18		↑	1,3%
Romania							0,06	0,17	0,04	0,04		N/A	N/A
Slovakia	0,15	0,19	0,15	0,14	0,13	0,14	0,14	0,16	0,16	0,12		-	-2,8%
Slovenia	0,12	0,12	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,10	0,10	0,12		-	0,7%
Spain				0,12	0,14	0,14	0,14	0,17	0,12	0,12		N/A	N/A
Sweden	0,07	0,06	0,07	0,06	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06		-	-1,0%
EU/EEA*	0,13	0,14	0,14	0,13	0,13	0,13	0,14	0,18	0,11	0,12		-	-0,9%
United Kingdom	0,29	0,30	0,31	0,29	0,30	0,31	0,29					N/A	N/A
Reported EU/EEA**	0,17	0,17	0,16	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16	0,11	0,13		N/A	N/A

All country data are shown as they are reported to The European Surveillance System.

<sup>(a)</sup> Hospital sector data not reported.

(a) Finland: data include consumption in remote primary healthcare centres and nursing homes.

\* EU/EEA refers to the population-weighted mean consumption based on 21 EU/EEA countries. AT, CY, CZ, DE, IS, PL, RO, ES and UK were excluded.

\*\*Crude EU/EEA refers to the population-weighted mean consumption based on all reported data available for the specific year and includes the UK for the years 2013–2019.

N/A = Not applicable. Trend analyses was not performed and CAGR not calculated because of missing data, changes in the type of data or change in data process.

Luxembourg changed data process in 2020 (both sectors) and 2022 (hospital sector only), which could have an impact on comparability across years.

Рисунок 1.2 – Тенденції споживання макролідів, лінкозамідів та стрептограмінів (АТС група J01F) у лікарняному секторі, країни ЄС, 2013–2022 рр., виражені на 1000 жителів, на 1 день

Крім інформації щодо кількості вживаних антибіотиків, ECDC також публікує кожні декілька років сумісно зі Всесвітньою організацією охорони здоров'я (World Health Organization, WHO) звіти про спостереження за антимікробною резистентністю в Європі (Antimicrobial resistance surveillance in Europe).

В останньому звіті про спостереження за антимікробною резистентністю, опублікованому ECDC [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**], підкреслюється зростання проблеми резистентності до антибіотиків по всій Європі. Згідно з даними, резистентність бактерій до традиційних антибіотиків продовжує збільшуватися, що ставить під загрозу ефективність стандартних методів лікування інфекційних захворювань.

Зокрема, відзначається висока резистентність до таких антибіотиків як тетрацикліни, фторхінолони та третя генерація цефалоспоринів, серед ізолятів *Escherichia coli*, що є одним із найпоширеніших збудників інфекцій сечовивідних шляхів і гастроінтестинальних інфекцій. Також відмічається зростання резистентності до метициліну серед *Staphylococcus aureus*, що ускладнює лікування шкірних інфекцій та інших бактеріальних інфекцій.

Особливе занепокоєння викликає швидке зростання кількості бактерій, стійких до карбапенемів – однієї з останніх ліній захисту в антибіотикотерапії. Це стає великою проблемою в лікарнях, де карбапенем-резистентні інфекції можуть призводити до серйозних і часто смертельних випадків.

З даних звіту видно, що в Україні відсоток інвазивних ізолятів таких видів, як *Enterococcus faecium*, золотистий стафілокок, вид *Acinetobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* та кишкова паличка, резистентних до широкоспектральних антибіотиків, є найвищим серед країн Європи. Понад 50% ізолятів цих видів виявляють стійкість до одного чи декількох класів антибіотиків, які зазвичай застосовуються для лікування, тоді як у більшості країн Західної Європи цей показник становить від 1 до 10 відсотків [9].

Такий стан свідчить про необхідність розвитку нових антибіотиків, покращення систем контролю інфекцій у медичних установах, а також впровадження більш стратегічних підходів до використання антибіотиків. Окрім цього, важливою є міжнародна співпраця у моніторингу і реагуванні на антимікробну резистентність, що включає обмін інформацією, наукові дослідження та розробку нових терапевтичних стратегій

### **1.1.2 Основні принципи та складнощі призначення антибактеріальних засобів**

Для розуміння основних принципів та складнощів призначення антибактеріальних засобів, розглянемо основні класи та види антибіотиків. За спектром антибактеріальної дії розрізняють антибіотики широкого, помірною і вузького спектра дії. Антибіотики широкого спектра призначають при тяжкому протіканні захворювання, до отримання результатів антибіотикограми і при змішаній інфекції. При встановленні збудника хвороби доцільне застосування препаратів вузького спектра, оскільки вони впливають безпосередньо на збудник захворювання і в меншому ступені діють на загальний імунітет хворого [9].

На сьогоднішній день антибіотичні засоби за хімічною структурою поділяють на наступні: на  $\beta$ -лактами (пеніциліни, цефалоспорини, монобактами, карбапенеми), тетрацикліни, макроліди та аміноглікозиди (містять в молекулі аміноцукри), лінкозаміди, хлорамфеніколи, рифампіцини, поліміксини, фузидини, глікопептиди, антибіотики інших хімічних груп [9]. Механізми дії різних типів антибіотиків та їх відповідні “мішені” зображено на схемі (рис. 1.3 [11]).



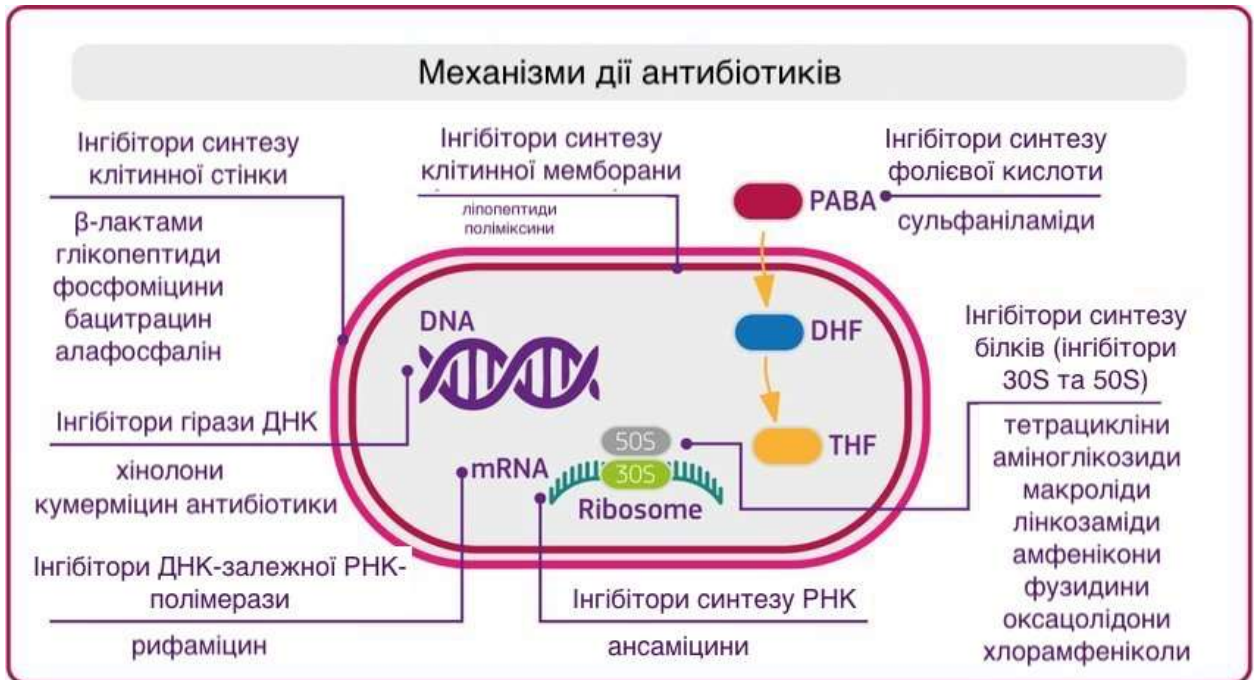


Рисунок 1.3 – Механізми дії антибіотиків

За різних обставин бактерії можуть формувати різноманітні механізми розвитку резистентності до антибіотика. Деякі з них вказано на малюнку (рис.1.4).

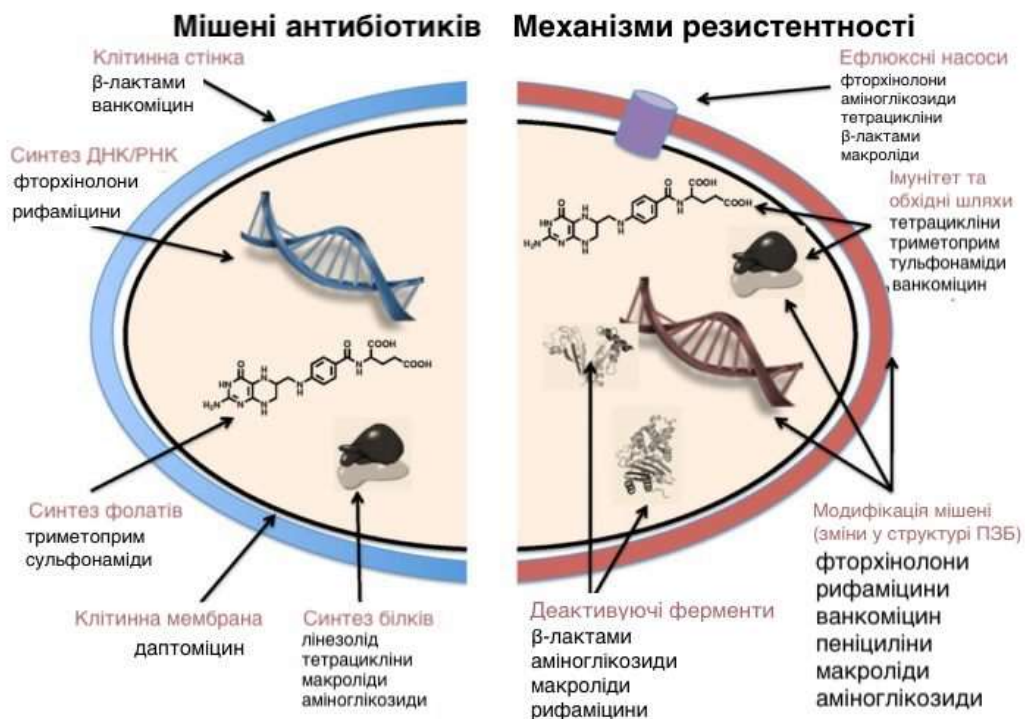


Рисунок 1.4 – Механізми резистентності антибіотиків

Частіше за все бактерії, за якими «полює» антибіотик, виробляють фермент (білкові речовини, що виконують різноманітні функції метаболізму), який руйнує чи деактивує діючу речовину препарату. Наприклад, бактерія може продукувати бета-лактамазу, яка робить пеніциліни та інші бета-лактамні антибіотики неефективними.

Також велику роль грає модифікація пеніцилін-зв'язувальних білків (ПЗБ). Вони беруть участь в будівництві пептидоглікану, який є основним елементом складу клітинних стінок бактерій. Зміна структурних особливостей ПЗБ перешкоджає взаємодії з пеніциліном та іншими бета-лактамними антибіотикам. Ще один тип розвитку стійкості це модифікація поринів (мембраних білків), в результаті якої змінюється зовнішня мембрана клітини.

Високоєфективним механізмом резистентності є утворення ефлюксної помпи (насосу) – протонзалежної системи, яка забезпечує активне видалення антибіотика зсередини клітини. Резистентність бактерій до антибіотиків може бути спричинена активним відкачуванням цих препаратів з клітини. Коли антибіотик потрапляє в клітину бактерії, білкові канали можуть активно витискати його на зовнішню сторону клітини, що зменшує його концентрацію усередині клітини і ускладнює його дію на бактерії. Антибіотичний засіб стає недієвим, якщо під час цього механізму він видаляється швидше, ніж відбувається його дифузія в бактеріальні клітини та внутрішньобактеріальна концентрація не досягає ефективного значення.

Важливо пам'ятати, що не всі бактерії мають таку здатність до резистентності, і існують інші механізми, за допомогою яких антибіотики можуть стати неефективними проти бактерій. Зауважимо також, що одні й ті самі штами бактерій можуть мутувати за різними механізмами навіть в стінах однієї лікарні [12, 13].

Отже, збільшення кількості стійких до антибіотиків бактерій повсюдно пояснюється відбором резистентних одиниць, які вже існують у чутливих популяціях. Незважаючи на те, що збільшення випадків резистентності бактерій до антибіотиків було визнано десятиліттями тому, як результат споживання протимікробних препаратів, лише відносно нещодавно міжнародні, національні та місцеві організації/агенції охорони здоров'я почали розглядати серйозність ситуації. Це усвідомлення призвело до серії звітів і рекомендацій, спрямованих на навчання та вдосконалення практики медичних працівників і споживачів, щоб зберегти ефективність нашого терапевтичного потенціалу [13].

На виконання наказу Міністерства охорони здоров'я України від 03 серпня 2021 року № 1614 «Про організацію профілактики інфекцій та інфекційного контролю в закладах охорони здоров'я та установах / закладах надання соціальних послуг / соціального захисту населення» розроблено стандарт для раціонального застосування антибактеріальних та антифунгальних препаратів з лікувальною та профілактичною метою. В даному документі вказано рекомендації та настанови, дотримання яких має сповільнити глобальну резистентність бактерій до даних ліків. Звернемо увагу на деякі з них.

Наприклад, згідно до третього пункту другого розділу загальних принципів раціонального призначення антибактеріальних препаратів в закладах охорони здоров'я (ЗОЗ) лікування антибактеріальними лікарськими засобами для системного застосування (антибіотикотерапія) слід розпочинати лише у випадку наявної у пацієнта лабораторно підтвердженої або з високою ймовірністю підозрюваної бактеріальної інфекції. Крім цього надано рекомендації щодо діагностики пацієнтів. Наприклад, для прийняття рішення щодо доцільності початку емпіричної антибіотикотерапії необхідно використовувати методи пришвидшеної ідентифікації збудника інфекційної хвороби і виявлення бактеріальних маркерів запалення (прокальцитонін).



В третьому розділі стандарту МОЗ йдеться про заходи для уникнення нераціонального застосування ліків. Не тільки неправильна діагностика, але й неоптимальні закупівлі ліків шкодять зменшенню попередження і зниження поширеності інфекційних хвороб, викликаних мікроорганізмами з резистентністю. Це також впливає на бюджет медичних закладів і негативно діє на розподіл коштів. На території терапевтичних і хірургічних відділень ЗОЗ дозволено зберігати лише таку кількість антибактеріальних препаратів, яка буде використана (введена пацієнтам) протягом 24 годин після надходження. На території відділень анестезіології та інтенсивної терапії (ВАІТ) дозволено зберігати запас антибактеріальних препаратів, об'єм якого дорівнює передбачуваним потребі протягом 48 год із врахуванням певних положень.

Для виконання цих установ необхідно вести коректну документацію, яка також є важливим фактором для можливості інтеграції програмного забезпечення клінічної системи прийняття рішень в стіни українських лікарень. У ЗОЗ, що надають вторинну (спеціалізовану) та третинну (високоспеціалізовану) медичну допомогу, для отримання антибактеріальних препаратів, лікуючий лікар заповнює, а старша сестра медичного клінічного підрозділу ЗОЗ надсилає до аптеки бланк замовлення довільної форми на отримання антибактеріальних препаратів із зазначенням дев'яти пунктів, що також наведено в стандарті.

В певних ситуаціях раціональним рішенням є виписка пацієнта з лікарні для звільнення місць, але при цьому доступно пояснити йому, в яких критичних випадках йому необхідно почати самостійний прийом призначених антибіотиків при появі симптомів. Тоді лікар використовує очікувальну тактику і призначає антибактеріальні препарати відстрочено, шляхом заповнення рецептурного бланку «відстрочений рецепт», який буде використано пацієнтом в разі необхідності (появи / виникнення показань / симптомів / клінічних станів). Перед початком антибіотикотерапії лікуючий лікар надає зрозумілою мовою та у доступний для пацієнта (його родичів /

законних опікунів) спосіб необхідну інформацію. Також обов'язковою є перевірка діяльності лікарів. Повна інструкція запропонована міністерством охорони здоров'я.

В четвертому та п'ятому розділах стандарту надано рекомендації для зниження розповсюдження мікроорганізмів з резистентністю до антибактеріальних чи антифунгальних препаратів з медичної фармакологічної точки зору. Наприклад, виявлення у пацієнта, без ознак інфекційного запалення, штамів грибів- коменсалів (за результатами мікробіологічного дослідження) не є причиною (показанням) для призначення антифунгальних засобів (використання антифунгальних лікарських засобів з метою лікування пацієнта заборонено), за виключенням визначених галузевими стандартами медичної допомоги грибів, які підлягають обов'язковій ерадикації [14].

Окрім даного стандарту МОЗ існують загальні клінічні норми для призначення антибіотиків. Отже, основними принципами раціональної антибіотикотерапії, якими має керуватися лікар, є:

1. Призначати антибіотик потрібно з урахуванням виділеного збудника захворювання і антибіотикограми. Обирати найбільш активний і найменш токсичний препарат.

2. На основі фармакокінетики препарату, тяжкості захворювання, стану печінки і нирок, віку хворого визначають оптимальні дози антибіотика і режим його введення.

3. Концентрація антибіотика повинна в три - чотири рази перевищувати мінімальну інгібуючу (пригнічуючу) концентрацію для виділеного збудника. Застосовують спочатку ударну, а потім підтримуючу дозу.

4. Враховувати побічні дії антибіотика, особливо при печінковій і нирковій недостатності.

5. Визначати наявність гіперчутливості хворого до даного антибіотика.

6. Своєчасно починати лікування і витримувати тривалість курсу антибіотикотерапії.

7. Враховувати перехресну чутливість до антибіотиків. Комбінувати антибіотики з ціллю розширення спектру дії і підсилення антибактеріального ефекту.

8. Призначати паралельно протигрибкові засоби для профілактики дисбіозу [9].

Отже, існує безліч факторів та рекомендацій, заснованих на вже підтверджених фактах, які необхідно пам'ятати лікарю під час призначення антибактеріальних засобів. Тому для розвантаження та прискорення ефективної діяльності медичного персоналу українських лікарень доцільно було б запровадити систему підтримки прийняття рішень, яка б була адаптована до реалій сучасної медицини.

## **1.2 Особливості сучасних систем підтримки прийняття рішень**

### **1.2.1 Системи підтримки прийняття рішень**

Ще з середини 60-х років минулого століття почалось активне вивчення концепту систем підтримки прийняття рішення (СППР) з точки зору їх теорії організації та інтерактивних комп'ютерних систем. Будемо вважати, що система підтримки прийняття рішень – це комплекс математичних та евристичних методів чи моделей, об'єднаних загальною методикою формування альтернатив управлінських рішень в організаційних системах, визначення наслідків реалізації кожної альтернативи та обґрунтування вибору найбільш прийняттого управлінського рішення [15].

Ідеальна СППР оперує зі слабо структурованими рішеннями, тобто тими завданнями, які не мають чітко виражених критеріїв або правил, та призначена для різного рівня задач. Вона має бути адаптована до групового та індивідуального використання, підтримувати як пов'язані між собою так і послідовні рішення. Ідеальна система є якомога гнучкою для користувачів, при цьому зберігаючи свою динамічність для постійних оновлень правил.

Такі високі потреби тягнуть за собою відповідні труднощі. Основними проблемами для СППР є невизначеність, адаптивність, управління знаннями, співпраця, інтелект і пояснювальна здатність тощо [16, 17].

До основних типів СППР можна віднести: системи підтримки прийняття рішень керовані моделями, керовані даними, керовані комунікаціями, керовані документами та керовані знаннями.

СППР, керовані моделями (Model-driven), наголошують на доступі до фінансових, оптимізаційних та/або імітаційних моделей та маніпулюванні ними. Прості кількісні моделі забезпечують найелементарніший рівень функціональності. СППР на основі моделей використовують обмежені дані та параметри, надані особами, які приймають рішення, щоб допомогти їм проаналізувати ситуацію.

СППР керовані даними, наголошують на доступі до часових рядів внутрішніх даних компанії, а іноді й до зовнішніх даних та даних у реальному часі, а також на маніпулюванні цими даними. Прості файлові системи, доступ до яких здійснюється за допомогою інструментів запитів і пошуку, забезпечують найелементарніший рівень функціональності. Системи сховищ даних, які дозволяють маніпулювати даними за допомогою комп'ютеризованих інструментів, пристосованих до конкретних завдань і умов, або за допомогою більш загальних інструментів і операторів, забезпечують додаткову функціональність. СППР на основі даних з аналітичною обробкою в режимі онлайн забезпечують найвищий рівень функціональності та підтримки прийняття рішень, що пов'язано з аналізом великих масивів історичних даних. Інформаційні системи органів виконавчої влади є прикладами СППР на основі даних. Початкові приклади цих систем називалися DSS (decision support system), орієнтованими на дані, аналітичними інформаційними системами та СППР, орієнтованими лише на пошук.

СППР, керовані комунікаціями, використовують мережеві та комунікаційні технології для полегшення співпраці та спілкування,

пов'язаного з прийняттям рішень. У цих системах комунікаційні технології є домінуючим архітектурним компонентом. Інструменти, що використовуються, включають групове програмне забезпечення, відеоконференції та комп'ютерні дошки оголошень.

Загалом, групове програмне забезпечення, дошки оголошень, аудіо- та відеоконференції є основними технологіями для підтримки прийняття рішень на основі комунікацій. За останні кілька років голос і відео, що передаються за допомогою Інтернет-протоколу, значно розширили можливості синхронних СППР на основі комунікацій.

СППР, керовані документами, використовують комп'ютерні технології зберігання та обробки для забезпечення пошуку та аналізу документів. Великі бази даних документів можуть включати відскановані документи, гіпертекстові документи, зображення, звуки та відео. Прикладами документів, до яких може мати доступ СППР на основі документів, є процедури, специфікації продукції, каталоги і корпоративні історичні документи, в тому числі протоколи засідань і листування. Пошукова система є основним інструментом підтримки прийняття рішень, пов'язаним з СППР на основі документів. Ці системи також називають текстово-орієнтованими СППР.

Нарешті, СППР, керовані знаннями, можуть пропонувати або рекомендувати дії керівникам. Ці СППР – це людино-комп'ютерні системи зі спеціалізованим досвідом вирішення проблем. Цей досвід складається зі знань про певну галузь, розуміння проблем у цій галузі та навичок вирішення деяких з цих проблем. Ці системи отримали назву СППР на основі пропозицій та СППР на основі знань. Так, наприклад, дослідницька група Стенфордського університету під керівництвом Едварда Фейгенбаума створила експертну систему DENDRAL6 що призвела до розробки інших програм, заснованих на правилах (знаннях), зокрема MYCIN, яка допомагала лікарям діагностувати захворювання крові на основі набору клінічних

симптомів. Проект MYCIN призвів до розробки першої оболонки експертної системи [15,**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

### 1.2.2 Планування розробки СППР

При розробці програмного забезпечення СППР процес його створення поділяють на декілька етапів. З них найчастіше зустрічаються такі як: створення технічного завдання, проектування програмного забезпечення, імплементація та перевірка якості. Зазвичай найважливішою та найвідповідальнішою частиною інжинірингу в сфері інформаційних технологій є саме перша стадія формулювання головних задач програми.

Створення технічного завдання (ТЗ) є ключовим та вирішальним етапом у процесі розробки програмного забезпечення, оскільки це формує фундамент, на якому базуватиметься весь подальший розвиток проекту. У великих проектах, над якими працює команда розробників, моделювання планування роботи набуває різноманітних форм, кожна з яких відповідає певним потребам і контекстам. Основні типи моделей, які використовуються у розробці програмного забезпечення, включають наступні.

Водоспадна модель (Waterfall): Це строго послідовний процес, де кожен етап розробки виконується один за одним без повернення до попередніх. Ця модель добре підходить для проектів з чітко визначеними вимогами і низьким рівнем невизначеності.

V-модель: Це розширення водоспадної моделі, де кожному етапу розробки відповідає етап тестування. V-модель зосереджується на якості та підходить для проектів, де потрібна висока надійність.

Спіральна модель (Spiral): Ітераційна модель, що інтегрує оцінку ризиків. Це дозволяє зменшити ризики на ранніх стадіях, роблячи її підходящою для великих, складних проектів.

Прототипування (Prototyping): Розробка прототипу для збору зворотного зв'язку від користувачів перед фіналізацією системи. Цей метод допомагає уточнити вимоги і уникнути розробки не потрібних функцій.

Ітеративні моделі (Iterative models): Розробка системи через невеликі, поступово додані версії, що дозволяє легко адаптуватися до змін у вимогах і непередбачених проблемах.

Гнучкі методології (Agile methods), наприклад, Scrum: Наголос на швидкій адаптації до змін, мінімальному плануванні і тісній співпраці з клієнтом. Agile підходи підтримують високий темп розробки і відповідність продукту реальним бізнес-потребам.

Кожна з цих моделей відповідає певним проектним вимогам і сценаріям використання, забезпечуючи різні баланси між контролем, гнучкістю, швидкістю розробки та взаємодією з користувачем. Вибір моделі залежить від специфіки проекту, включно з розміром команди, бюджетом, термінами та ключовими ризиками.

Оскільки система підтримки прийняття рішень, яка розробляється в даній роботі не відповідає умовам складних перелічених моделей, то використовуватимемо тривіальний метод розробки за допомогою водоспадної моделі в поєднанні з прототипуванням. Предметна область, для якої розробляється програма, є доволі специфічною та потребує експертних знань у сфері призначення медикаментів, а отже, в першу чергу необхідно розробити найближчий можливий аналог програми, який можна модернізувати після оцінки працівників відповідного роду діяльності, а саме медицини, та забезпечити їх прикладом системи підтримки прийняття рішень. За цими причинами в якості стратегії планування роботи обрано водоспадну та прототип-моделі.

### **1.2.3 Обґрунтування вибору методу розв'язку**

Для задоволення функціональних потреб необхідно проаналізувати можливі методи реалізації розв'язку поставленої задачі.

Розроблена в даній роботі програма має обробляти динамічну базу даних, яка з подальшим розвитком функціональних вимог програмного забезпечення матиме все більший обсяг. Сьогодні найширше для таких задач, пов'язаних з аналітикою даних, використовується мова програмування Python. Ця мова є найкращою в процесі аналізу, що охоплює збір, аналіз, моделювання та візуалізацію даних, пропонуючи комплексний інструментарій для швидкої та простої розробки складних додатків і в подальшому моделей машинного навчання [18].

Для створення ефективних систем підтримки прийняття рішень, особливо у сфері контролю за резистентністю до антибіотиків, Python виступає як відмінний інструмент завдяки своїм зручним інтегрованим середовищам розробки (IDE). Ці середовища об'єднують всі необхідні інструменти програмування з графічним інтерфейсом користувача (GUI), що значно полегшує розробку завдяки інтеграції можливостей редагування коду, автоматизації збірки та налагодження. Ці особливості не тільки спрощують процес розробки, але й збільшують продуктивність, роблячи Python доречним вибором для створення описаної системи.

Окрім того, Python володіє обширною бібліотекою для обробки даних та широкою екосистемою IDE, адаптованих для наукових досліджень та аналітичних застосувань. Його можливості інтеграції з різноманітними джерелами даних та комплексні інструменти для аналізу та візуалізації даних роблять Python особливо підходящим для вирішення складних завдань, таких як запобігання розвитку резистентності до антибіотиків. Відтак, дослідники та розробники можуть створювати потужні та надійні системи підтримки прийняття рішень на основі бази даних.

Для орієнтації в базі даних найчастіше використовується мова програмування SQL. Вона розроблена для підтримки функцій зберігання та обробки інформації в реляційних базах даних. За рахунок того, що SQL є



високорівневою мовою програмування, її запити дуже очевидні та за своїм функціоналом близькі до реляційної алгебри. Тож для обробки бази даних використовуватимемо SQL та бібліотеку SQLite, яка є легкою, але потужною системою управління базами даних в Python. SQLite підтримує всі основні функції SQL і дозволяє локальне зберігання даних, що ідеально підходить для застосувань, які вимагають вбудованих баз даних або для відносно невеликих додатків з обмеженими вимогами до системних ресурсів.

Раніше в даній роботі було перелічено різноманітні типи систем підтримки прийняття рішень, серед яких певну увагу було приділено СППР, керованими правилами. Ці системи працюють на основі набору заздалегідь визначених правил або умов, які використовуються для обробки даних і прийняття рішень. Правила зазвичай виводяться з експертних знань і кодуються в системі. СППР на основі правил часто використовується в ситуаціях, коли рішення можна автоматизувати за допомогою певних логічних умов або коли потрібне послідовне прийняття рішень у подібних сценаріях. Дуже часто такі системи використовуються в медицині для діагностування. Оскільки опис характеристик СППР, керованої правилами співпадає з вимогами, поставленої для розв'язку задачі призначення антибіотиків, то в якості типу системи підтримки прийняття рішень оберемо саме її. Точні логічні правила сформулюємо у наступному розділі даної роботи.

Ще неможливо не звернути увагу на те, що у більшість сучасних систем підтримки прийняття рішень інтегрується технологія штучного інтелекту, особливо, коли мова йде про СППР, керованими даними. Оскільки програмне забезпечення, яке буде описано функціональними вимогами далі, не має дослідницький характер, а є допоміжним інструментом для медперсоналу, сумуючи вже підтвержені дані та оперуючи дискретними значеннями, то використання штучного інтелекту є недоречним в рамках таких функціональних умов. Програма повертає точні рішення, залишаючи лікарю лише проаналізувати фактори, які не були прийняті до уваги

системою підтримки прийняття рішень. Дана підсистема запобігання розвитку резистентності до антибіотиків вирішує задачу пошуку, базуючись на вже існуючих медичних дослідженнях, а саме на даних та рекомендаціях, які регулюються лікарем та вже підтверджені Міністерством Охорони Здоров'я.

### 1.2.4 Аналіз існуючих СППР по призначення антибактеріальних засобів

Згідно до дослідження в [19] більшість часу прийому пацієнта, лікар витрачає на документацію та внесення інформації. Це дослідження включало дані приблизно 100 мільйонів контактів пацієнтів з 155 000 лікарями з 417 систем охорони здоров'я. Лікарі витрачали в середньому 16 хвилин і 14 секунд на одну зустріч з пацієнтом, використовуючи електронні медичні картки (ЕМК), причому більша частина часу припадає на перегляд історії хвороби (33%), документування (24%) і призначення (17%). Можна уявити, наскільки збільшується навантаження на медичного працівника, коли ще необхідно тримати в пам'яті та враховувати всі багаточисленні рекомендації, які висуваються до призначення антибактеріальних засобів. Крім цього, відстеження патернів розвитку резистентності стає малоефективним, коли лікар призначає антибіотик, який не відповідає нормам запровадженим Міністерством Охорони Здоров'я. Тому все більш поширеним стає застосування систем підтримки прийняття рішень в сфері медицини: так званих клінічних СППР (КСППР) або англійською Clinical Decision Support System (CDSS).

Еволюція КСППР складається в тому, що на відміну від початкових розробок, які базувались на статичних енциклопедичних медичних даних, сьогодні фокус націлено на динамічність структури для врахування клінічних особливостей кожного пацієнта, в чому і полягає головна складність даної задачі. Та це не єдина проблема, яка є перешкодою на шляху розвитку систем підтримки рішення в медицині. Незважаючи на те, що статистично доведено [20] значне зниження кількості лікарських помилок та покращення результатів лікарських заходів із інтегруванням комп'ютерних програм в діагностування, на практиці їх повний потенціал не розкрито через недовіру користувачів та скептичні погляди. Згідно до дослідження Coiera E. [Ошибка! Источник ссылки не найден.] визначено, що відсутність бажання

і здатності провайдера використовувати технологічну систему є однією з основних причин даної проблеми. Крім цього різноманітні розроблені CDSS покривають окремі сфери медицини та не корелюють захворювання різних органів чи систем в організмі між собою. Для адаптації CDSS до користувачів за вищевказаними аспектами на сьогоднішній день проводиться велика кількість дослідницьких та розрахункових робіт [15, 22, 23].

Загалом клінічні системи прийняття рішень розв'язують не лише проблему діагностики. Можна поділити задачі КСПР на деякі категорії: класична задача діагностики, процес постановки діагнозу, управління та біомедицина (оновлення клінічних практичних рекомендацій). Ідеальна клінічна система підтримки прийняття рішень поєднує в собі ознаки кожної з названих категорій.

Звернемо особливу увагу на діагностування та управління лікуванням саме інфекційних захворювань, які посідають третє місце в рейтингу з джерела [24]. Особливість даного розділу медицини в тому, що наслідки діагностування мають вплив та несуть ризики не тільки для конкретного пацієнта, але і з глобальної точки зору можуть шкодити населенню Землі.

Зазначимо, що більшість систем підтримки прийняття рішень для призначення антибіотиків працюють в компроміс одному з двох факторів: точності чи доступності. Так, наприклад, WHONET – додаток для управління та аналізу даних мікробіологічних лабораторій з особливим акцентом на відстеження структур резистентності до протимікробних препаратів, потребує проходження окремого навчального курсу для лікарів, щоб оволодіти даним цифровим інструментом. Незважаючи на те, що програма демонструє високу ефективність, кількість користувачів серед медичних експертів відносно мала через незручність користування та великий час ручного внесення даних. Тому першорядною метою є організація пошуку первинних рекомендацій щодо лікувальних засобів.

Враховуючи вищезазначене, можна зробити висновок, що одній особі складно орієнтуватися серед такої значної кількості впливаючих факторів на

вибір найкращого рішення. Для розвантаження та прискорення ефективної діяльності медичного персоналу українських лікарень доцільно було б запровадити систему підтримки прийняття рішень. Оскільки фармакологи та хіміки вже займаються розробкою альтернатив антибіотиків, таких як повернення фаготерапії (використання в лікуванні вірусів, які точково атакують та знищують бактерії), то дуже важливо збільшити час дії вже існуючих антибактеріальних засобів для надання вченим можливості якісно парировати проблему та тестувати нові розробки.

Для реалізації даної задачі необхідно враховувати структуру для характеристики клінічних систем підтримки прийняття рішень. Якщо ми хочемо адекватно оцінити будь-який новий клінічний інструмент підтримки прийняття рішень або зрозуміти коло питань, які можуть вплинути на шанси його успішного впровадження, ми повинні мати організаційні рамки для розгляду таких програм. Один з підходів полягає в тому, щоб охарактеризувати системи підтримки прийняття рішень за п'ятьма параметрами: цільове призначення системи, спосіб надання консультацій, стиль консультацій, процес прийняття рішень, що лежить в основі, і фактори, пов'язані з взаємодією між людиною і комп'ютером. Як показує цей спектр міркувань, відмінні можливості прийняття рішень самі по собі не гарантують корисності системи або її сприйняття.

Також необхідно опрацювати методи розробки та впровадження КСППР, функціональність КСППР, проаналізувати задачу з використанням ретроспективних даних, визначити показники якості ефективних альтернатив тощо.

### **1.3 Постановка задачі**

Задачею даної роботи є створення системи підтримки прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів. Однією з ключових переваг програми має бути її прозорість та зручність для широкого кола

користувачів, включаючи сімейних лікарів та терапевтів, які можуть не володіти доступом до дослідження у галузі мікробіології. Програма повинна вимагати мінімуму даних з лабораторій, що б забезпечило можливість її роботи в умовах обмежених ресурсів, забезпечуючи при цьому бажаний рівень точності та індивідуалізації лікування. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та простота оперування даними має значно зменшувати час прийняття рішення.

Як вже зазначено вище, основна філософія моделі водоспаду, яка береться за основу в програмі, що розробляється, полягає в тому, щоб організувати проект шляхом поділу процесу розробки на фази на основі фокусу завдань розробки. У класичній моделі водоспаду використовуються такі фази:

- аналіз і збір вимог;
- архітектурне проектування;
- реалізація;
- верифікація та інтеграція;
- експлуатація та обслуговування.

За такою послідовністю спочатку необхідно сформулювати вимоги до розроблюваної системи підтримки прийняття рішень.

Аналіз вимог (англ. Requirements Analysis) охоплює творчий, систематичний та ітеративний підхід, розроблений для забезпечення ефективності та результативності процесу формулювання чітких вимог і специфікацій системи, які мають бути узгоджені з усіма зацікавленими сторонами та сприяти успішній реалізації проекту. В цьому процесі важливо розрізняти функціональні та нефункціональні вимоги, які описують, що система має робити, та як вона має це робити відповідно.

Для створення програмного забезпечення сформулюємо функціональні вимоги до СППР для призначення антибактеріальних засобів:

- СППР працює для рекомендацій лікування саме бактеріальних інфекцій;

- СППР проводить глобальний пошук рекомендацій для лікування інфекцій базуючись на збуднику та/чи діагнозі;
- СППР проводить персоналізований пошук рекомендацій, враховуючи вік, стать, стан вагітності, протипоказання та історію хвороби пацієнта (чи хворий пацієнт на СНІД, чи проходив вже лікування від туберкульозу);
- СППР самостійно проводить аналіз вхідних даних, враховуючи рекомендації МОЗ;
- при наявності згадування в наказах МОЗ чи спеціальних приміток в інструкції СППР повертає антибіотик із відповідним зауваженням;
- при наявності додаткових медикаментів при лікуванні певних випадків програма повертає набір комбінацій крім основного антибіотику;
- СППР повертає перелік ліків, які можливо застосувати, відсортувавши їх у порядку спаду пріоритету;
- СППР має брати до уваги як класи, так і конкретні антибіотики, до яких у пацієнта є протипоказання;
- СППР повинна мати зв'язок з базою даних;
- лікар повинен мати змогу додавати пацієнтів з особистими даними до бази даних за допомогою програми;
- лікар-користувач має можливість шукати в програмі пацієнта за ім'ям, прізвищем, по батькові, датою народження та номером з бази даних;
- медичний експерт повинен мати змогу вносити зміни до бази даних:
  - медичний експерт може вносити зміни в файлі, де зберігається саме лікарська БД;
  - лікарська БД являє собою одну ненормовану таблицю;

- лікарська БД слугує для редагування лікарем, але запити до пошуку рекомендацій проводяться відносно іншої БД, яку створено шляхом нормалізації лікарської БД та яка доступна лише для перегляду;
- Зручний та інтуїтивно зрозумілий для використання інтерфейс:
  - введення патогенів та діагнозів має бути реалізовано з автозаповненням (користувачам бачити підказки або можливі варіанти запитів, які з'являються в реальному часі під час введення тексту у пошукову строку);
  - введення протипоказань у пацієнта має бути реалізовано з автозаповненням для класів та назв антибіотиків;
  - пошук пацієнтів з бази даних також має бути реалізовано з автозаповненням пошукової строки;
  - користувач має отримувати підказки / зауваження / попередження при можливих помилках.
- Протипоказання пацієнта мають бути враховано для класів антибіотиків;
- протипоказання пацієнта мають бути враховано для конкретних антибіотиків за назвою.

Серед нефункціональних вимог програми:

- Інтерфейс та зауваження мають бути українською мовою;
- Медичні дані мають зберігатись в .xls або .xlsx файлах;
- СППР повинна бути представлена у вигляді додатку.

## 1.4 Висновки до розділу 1

Отже, створення антибіотиків дозволило зробити прорив в лікуванні хвороб, які до цього вважалися невиліковним, тим самим продовживши життя мільйонам людей. Але не дивлячись на безумовну ефективність їх використання при боротьбі з мікроорганізмами, прийом антибіотиків не є



таким безневинним, адже пригнічуючи шкідливих мікроорганізмів, антибіотики, також негативно впливають на імунітет організму в цілому.

Статистика Європейського центру з профілактики та контролю захворювань свідчить про збільшення використання антибіотиків широкого спектра дії та зменшення використання антибіотиків вузького спектра дії. Згідно з даними, резистентність бактерій до традиційних антибіотиків продовжує збільшуватися, що ставить під загрозу ефективність стандартних методів лікування інфекційних захворювань. В Україні показники є найгіршими серед країн Європи.

На виконання наказу Міністерства охорони здоров'я України від 03 серпня 2021 року № 1614 «Про організацію профілактики інфекцій та інфекційного контролю в закладах охорони здоров'я та установах / закладах надання соціальних послуг / соціального захисту населення» було розроблено стандарт для раціонального застосування антибактеріальних та антифунгальних препаратів з лікувальною та профілактичною метою. В даному документі вказано рекомендації та настанови, дотримання яких має сповільнити глобальну резистентність бактерій до даних ліків.

Існує безліч факторів та рекомендацій, заснованих на вже підтверджених фактах, які необхідно пам'ятати лікарю під час призначення антибактеріальних засобів. Тому для розвантаження та прискорення ефективної діяльності медичного персоналу українських лікарень доцільно було б запровадити систему підтримки прийняття рішень, яка б була адаптована до реалій сучасної медицини.

Оскільки предметна область, для якої розробляється програма, є доволі специфічною та потребує експертних знань у сфері призначення медикаментів в якості стратегії планування роботи доцільно використовувати водоспадну модель в поєднанні з прототипуванням.

Для створення програмного забезпечення сформульовані функціональні та нефункціональні вимоги до СППР для призначення антибактеріальних засобів.

## 2. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Розробка програмного застосунку

#### 2.1.1 Структурно-функціональне моделювання проекту

Для детальнішого уявлення про процес призначення антибіотиків за допомогою системи прийняття рішень, розробимо модель у нотації IDEF0 (Integration Definition for Function Modeling).

На рисунку (рис. 2.1) зображено контекстну діаграму, яка в ієрархії діаграм IDEF0 є найбільш загальним описом системи і її взаємодії із зовнішнім середовищем. В якості вхідних об'єктів визначено дані пацієнта, історію хвороби пацієнта та запит лікаря. На виході, після обробки вхідних даних користувач отримує призначений антибіотик. Обробка вводу реалізується за допомогою рекомендацій МОЗ, експертних знань, бази даних та інструкцій користувачу в якості стратегій та процедур управління. Програмний інтерфейс, медичний експерт та пошуковий алгоритм є механізмами в контекстній діаграмі.

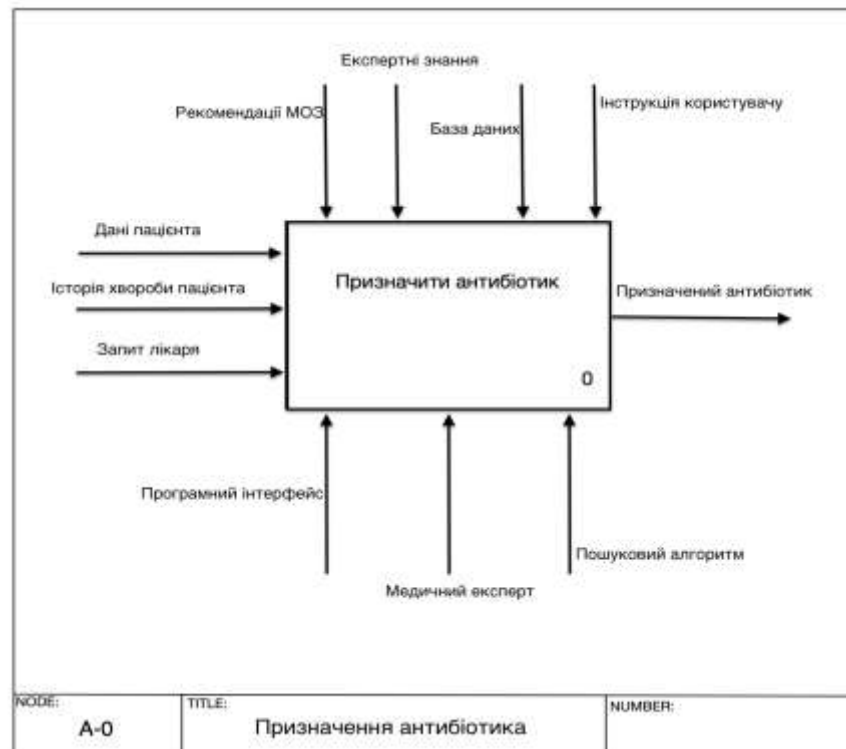


Рисунок 2.1 – Контекстна діаграма

Далі проведемо декомпозицію контекстної діаграми. Це необхідно для більш докладного опису процесу. Процес призначення антибіотиків фрагментовано на чотири підпроцеси в межах СППР: вибір режиму пошуку, вибір пацієнта, призначення антибіотика. Тобто, на рисунку (рис. 2.2) бачимо, що для того щоб повернути рекомендацію щодо призначення, необхідно взяти до уваги режим пошуку пацієнта (в залежності від запиту лікаря), самого пацієнта, для якого проводиться пошук, збудник та / чи діагноз захворювання.

Проведемо наступний етап декомпозиції, дефрагментуємо чотири підпроцеси, описані вище. По-перше, потрібно декомпонувати процес «Призначення антибіотиків». Результат декомпозиції цього процесу можна побачити на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Декомпозиція процесу “Призначення антибіотика”

На наступній діаграмі (рис. 2.3) можна побачити процес вибору режиму пошуку, що включає до себе з'ясування мети пошуку та вибір відповідного режиму.

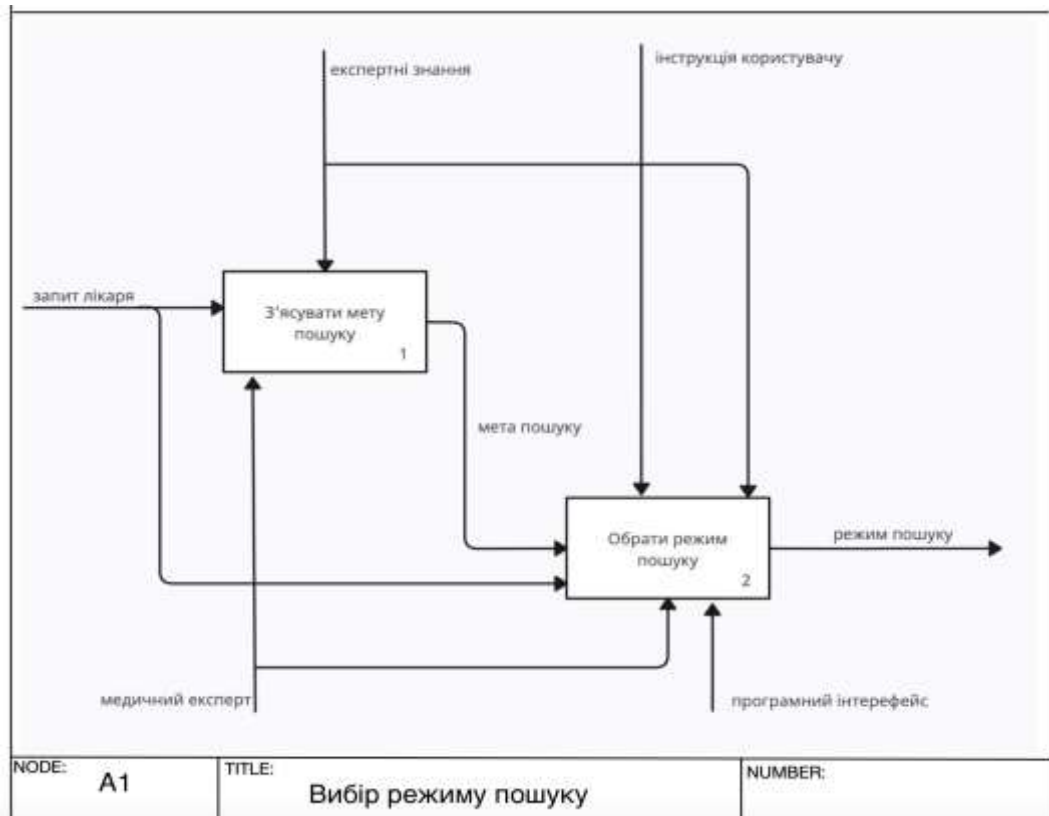


Рисунок 2.3 – Декомпозиція процесу “Вибір режиму пошуку”

Наступним декомпозовано процес «Введення патогену та/чи діагнозу». Результат декомпозиції можна побачити на рисунку 2.4. Як можна побачити, процес введення патогену та/чи діагнозу включає до себе проведення обстежень та процес вводу до СППР відповідного патогену та (чи) діагнозу .

Останнім декомпозується процес призначення антибіотика. Результати декомпозиції наведено на рисунку 2.5. На цій діаграмі можна побачити, що процес введення призначення антибіотика включає до себе: аналіз попереднього вводу, генерацію результатів, аналіз можливих рекомендацій та результуюче призначення.

Отже, результатом виконання усіх цих кроків є готова модель проектування інформаційної підсистеми для призначення антибактеріальних засобів.

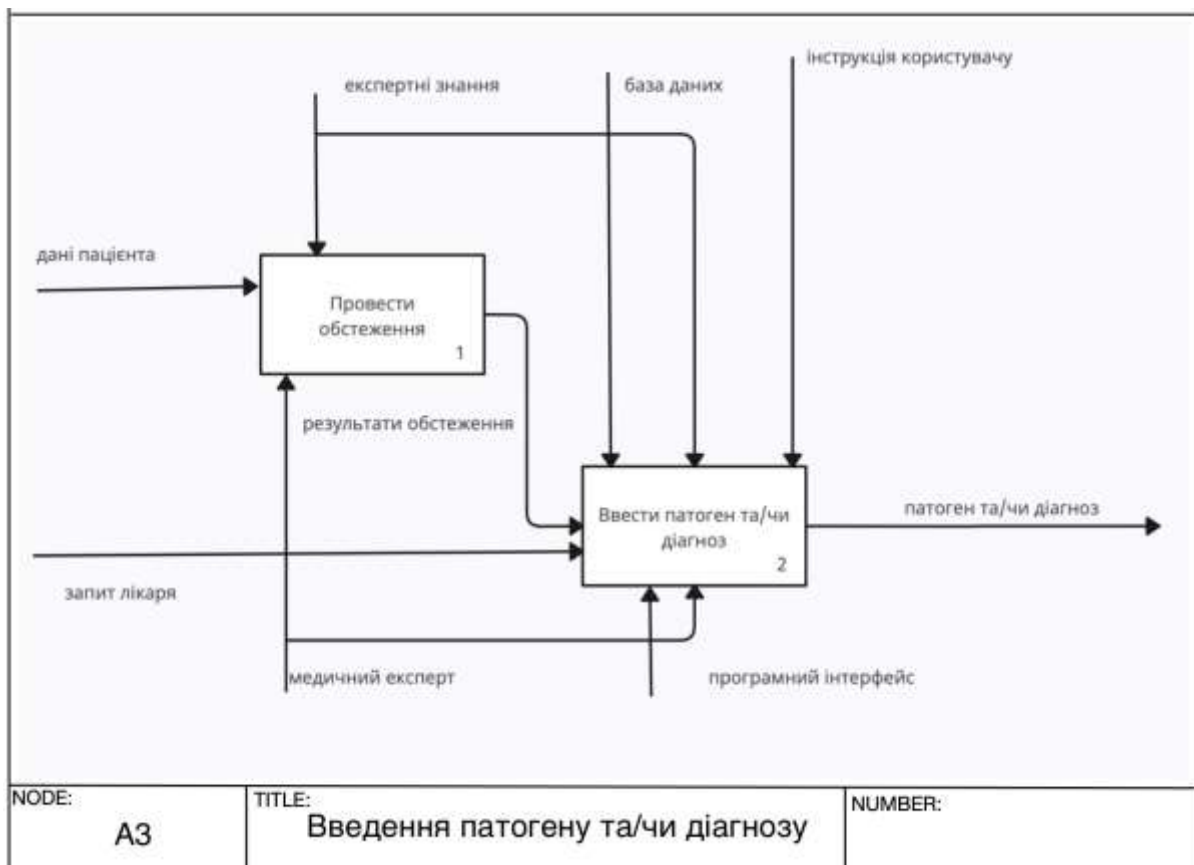


Рисунок 2.4 – Декомпозиція процесу “Введення патогену та/чи діагнозу”

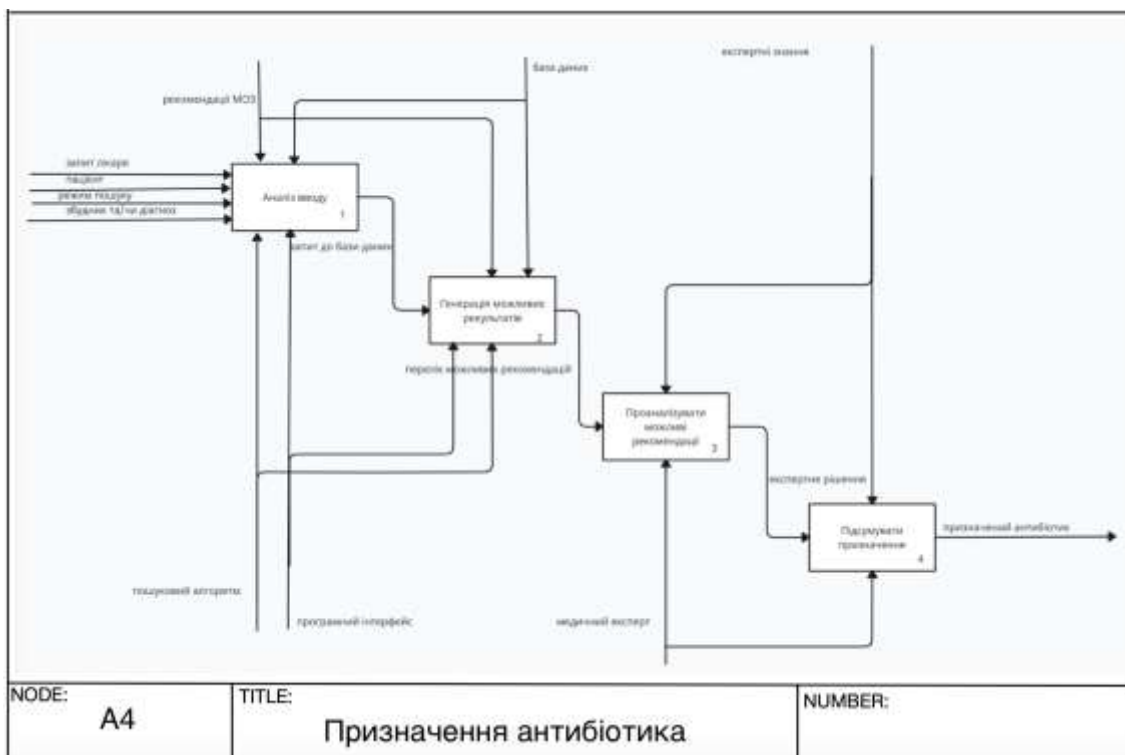


Рисунок 2.5 – Декомпозиція процесу “Призначення Антибіотика”

### 2.1.2 Діаграма Use-Case

Перед реалізацією функціональних потреб необхідним етапом буде також опис самої системи: присутні в ній елементи, користувачі (actors) та модератори (moderator). За допомогою стандартних схем та моделей, які використовують для розвитку програмного забезпечення дамо опис створюваної СППР, відповідаючи на питання «Що має бути реалізовано?», поки що ігноруючи питання «Як?».

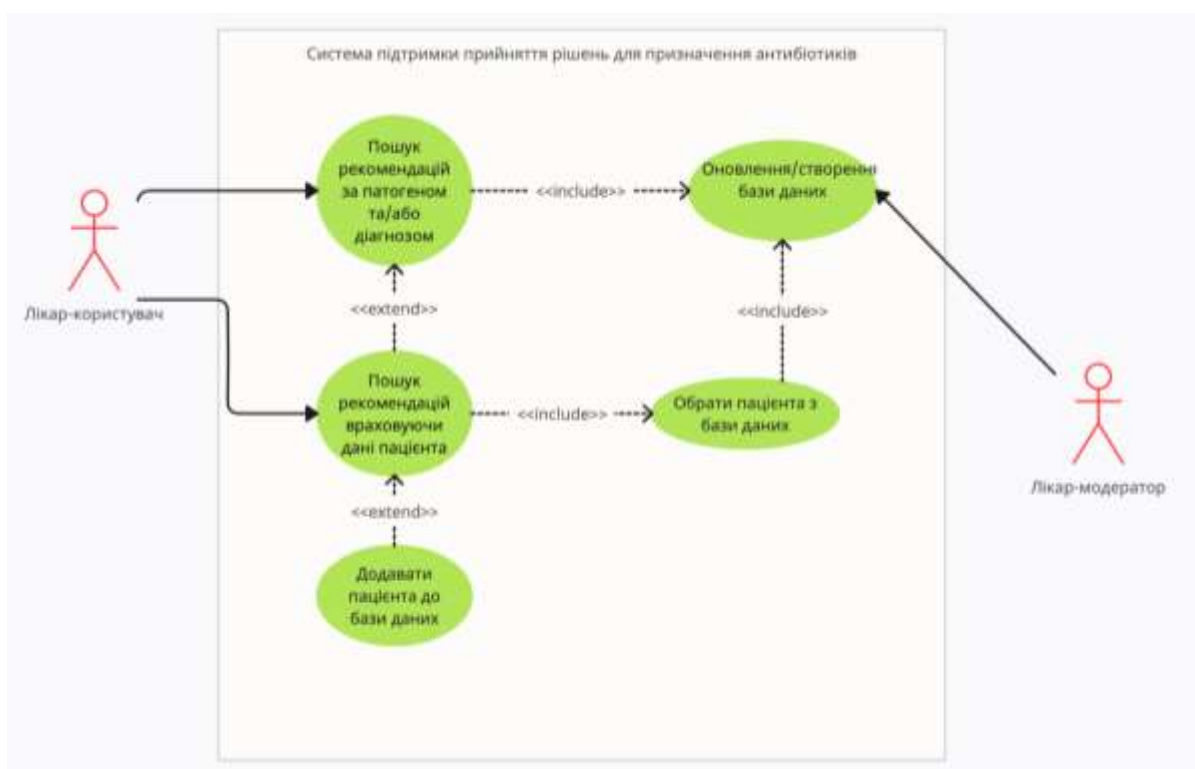
Для опису системи будемо використовувати «Уніфіковану мову моделювання» (UML) – це графічна мова для візуалізації, специфікації, конструювання та документування артефактів програмно-інтенсивної системи. UML пропонує стандартний спосіб написання планів системи, включаючи концептуальні речі, такі як бізнес-процеси та системні функції, а також конкретні речі, такі як оператори мови програмування, схеми баз даних та програмні компоненти багаторазового використання [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

UML-моделі можуть покривати різноманітні сфери розробки програмного забезпечення, такі як функціональні моделі (зі специфікацій функціональних потреб), сценарні моделі та діаграми варіантів використання (scenarios, use-case diagrams), об'єктні моделі (class and object diagrams), динамічні моделі (sequence diagrams, state chart diagrams, activity diagrams). В усіх перелічених після функціональної моделі типів для подальшого аналізу відштовхуються саме від use-case діаграми.

Юзкейсами описують типові сценарії використання системи. На діаграмі варіантів використання зображуються актори (або стейкхолдери) і сценарії застосування програми, які вони виконують. Актори можуть бути як людьми, так і зовнішніми системами або процесами. Варіанти використання представляють собою конкретні функції або завдання управління, які система повинна виконувати. Зазвичай, кожен варіант використання має основний

сценарій, а також можливі альтернативні або виняткові сценарії розвитку подій.

На рисунку 2.6 зображено use-case-діаграму для системи підтримки прийняття рішень для призначення антибактеріальних засобів. Згідно до даної моделі лікар-користувач проводить пошук рекомендацій антибіотиків за патогеном та/або діагнозом. Для цього необхідно, щоб була створена або оновлена база даних, в якій зберігається інформація про загальні медичні рекомендації. Цю обов'язкову умову вказано за допомогою відношення «include». Тобто пошук рекомендацій включає в себе необхідність створення бази даних. Також в якості додаткової опції лікар-користувач може проводити пошук ліків для певного пацієнта, що видно на відповідному відношенні «extend» (пацієнт-орієнтований пошук доповнює можливості глобального пошуку). Проте для пацієнт-орієнтованого пошуку необхідно обрати пацієнта з бази даних, що в свою чергу потребує наявності цієї бази даних. Її редагує лікар-модератор, який також може виступати в ролі лікаря-користувача. Медичний експерт, який контактує безпосередньо з програмою, також має змогу через програмне вікно додати пацієнта до бази даних.



## Рисунок 2.6 – Use-case діаграма

**2.1.3 Опис алгоритму прийняття рішення**

Для точного визначення методів роботи системи підтримки прийняття рішень змодельємо проблему, поставлену попередньо в даній роботі. В теоретичній інформатиці задачі поділяють на 3 основні групи за формою постановки: задача пошуку, задачі оптимізації та задачі розв'язності. З однаковим набором вхідних даних кожен з перелічених типів задач повертає різні відповіді, адже відрізняє їх саме постановка питання.

Задачі розв'язності супроводжуються питанням, відповідь на яке може бути лише «Так» або «Ні». Вони характеризуються пошуком певної властивості вхідних даних. Задачі оптимізації в свою чергу займаються пошуком саме найкращого розв'язку серед всіх можливих розв'язків поставленої проблеми. Сенс таких проблем полягає у мінімізації або максимізації вихідних параметрів шляхом регуляції вхідних даних. Задачі пошуку пов'язані з виявленням об'єкту або об'єктів з великого набору елементів на основі певних критеріїв. На практиці цей тип проблем тісно пов'язаний з базами даних та пошуком записів, які відповідають визначеним умовам. Таким чином системи підтримки прийняття рішень здебільшого розробляються для розв'язку проблем пошуку чи проблем оптимізації. Саме як задачу пошуку характеризуємо проблему, описану в цій роботі.

Для даного розділу дефінуємо  $\varepsilon$  – пустий рядок, тобто  $|\varepsilon| = 0$ . Для подальшого використання опишемо інформацію, яка зберігається у базі даних.

Нехай задана множина антибіотиків  $AB$  (AntiBiotics), яка складається з індексованих кортежів  $a_i \in AB$  вигляду

$$a_i = (i, name_i, class_i, group_i, form_i, P_i, D_i, priority_i, F_i, aids_i, tub_i, preg_i, comb_i, warning_i).$$



При цьому:

$i \in N_+$  та  $i \leq |AB|$  де  $|AB|$  – потужність множини  $AB$ . Таким чином індекс антибіотиків не перевищує їх кількість в множині.

$name_i \in N_A$ , ( $N_A$  – множина назв антибіотиків)

$class_i \in C_A$ , ( $C_A$  – множина класів антибіотиків)

$group_i \in G_A = \{A, B, C\}$ , ( $G_A$  – множина груп антибіотиків)

$form_i \in Form_A$  ( $Form_A$  – множина форм призначення ліків)

$P_i \subseteq P$  ( $P = \{pathogen_1, pathogen_2, \dots\}$  – множина всіх патогенів та

$P_i$  – підмножина патогенів, при яких призначається антибіотик  $a_i$ )

$D_i \subseteq D$  ( $D = \{diagnose_1, diagnose_2, \dots\}$  – множина всіх діагнозів та

$D_i$  – підмножина діагнозів, при яких призначається антибіотик  $a_i$ )

$priority_i \in (\{1, \dots, 5\} \cup \{\varepsilon\})$  – пріоритет антибіотика

$F_i \subset (N_A \cup G_A)$  – множина антибіотиків, при протипоказанні яких, слід застосовувати антибіотик  $a_i$

$aids_i, tub_i, preg_i \in (\{Yes, No\} \cup \{\varepsilon\})$  – маркування, чи рекомендується  $a_i$  при першому / повторному туберкульозі, СНІД чи вагітності

$comb_i$  – текстовий рядок комбінацій (ліків), які необхідно призначати з антибіотиком  $a_i$

$warning_i$  – текстовий рядок зауваження до антибіотика  $a_i$

Крім цього опишемо пацієнта та його властивості, визначивши  $p_k = (k, sur_k, nameP_k, patronymic_k, sex_k, dob_k, ageP_k, pregP_k, aidsP_k, tubP_k, FP_k)$  – кортеж пацієнта, де  $k \in N_+$ ;

$sur_k$  – прізвище пацієнта  $p_k$

$nameP_k$  – ім'я пацієнта  $p_k$

$patronymic_k$  – ім'я по батькові пацієнта  $p_k$

$sex_k$  – стать пацієнта  $p_k$

$dob_k$  – дата народження пацієнта  $p_k$

$ageP_k$  – вік пацієнта  $p_k$

$pregP_k, aidsP_k, tubP_k \in \{Yes, No\}$  – маркування додаткових станів пацієнта, таких як вагітність, захворювання СНІДом та туберкульозом у минулому,

$FP_k \subset (N_A UC_A)$  – протипоказання пацієнта, які можуть містити як класи, так і конкретні назви антибіотиків.

Система підтримки прийняття рішень має працювати в двох режимах: глобальний та пацієнт-орієнтований. При пошуку антибіотиків глобальна множина антибіотиків АВ проходить через ряд фільтрів. Оскільки проти одного патогену можна використовувати декілька антибіотиків, то дефінуємо багатозначні функції-фільтри.

В першу чергу антибактеріальний лікувальний засіб призначається, виходячи з діагнозу та типу бактерії – патогену. Таким чином визначимо головну функцію для пошуку відповідних антибіотиків

$$f_{main}: (\cup_{i=1}^{|AB|} P_i \cup \{\varepsilon\}) \times (\cup_{j=1}^{|AB|} D_j \cup \{\varepsilon\}) \rightarrow 2^{AB}$$

$$f_{main}(p, d) = \begin{cases} a_i | p \in P_i \wedge d \in D_i, & \text{якщо } p \neq \varepsilon \wedge d \neq \varepsilon \\ a_i | p \in P_i, & \text{якщо } d = \varepsilon \wedge p \neq \varepsilon \\ a_i | d \in D_i, & \text{якщо } p = \varepsilon \wedge d \neq \varepsilon \\ a_i | a_i \in AB, & \text{якщо } p = \varepsilon \wedge d = \varepsilon \end{cases}$$

Тоді множина антибіотиків, які пройшли головний фільтр для заданих показань пацієнта:

$$Filter_{main} = \{f_{main}(p, d) | p \in P, d \in D\}.$$

Повертаючись до вище описаного визначення кортежу антибіотиків звернемо увагу на множину антибіотиків  $F_i$ , при протипоказанні яких, слід застосовувати антибіотик  $a_i$ . Антибіотики, які відповідають таким умовам будуть вже спеціальною підмножиною рекомендацій, яка залежить від даних з кортежу пацієнта  $p_k$ . Тому, коли будемо давати визначення множині

антибіотиків, отриманих за допомогою глобального пошуку, важливо виключити з результуючої множини, ті антибіотики які мають хоча б один елемент у своїй множині  $F_i$ . Отже, множину антибіотиків, які рекомендовано глобальним пошуком при патогені  $p$  та діагнозі  $d$  визначаємо, як  $S_{global} = \{a_i \in Filter_{main} | F_i = \emptyset\}$ . Таким чином множина  $S_{global}$  містить виключено антибіотики, які призначаються при спеціальних випадках протипоказання інших ліків, оскільки глобальний пошук не фокусується на спеціальних вказівках, а видає лише загальні рекомендації. У визначенні множини  $S_{global}$  завершується опис всього функціоналу глобального пошуку антибіотиків.

Розглянемо пацієнт-орієнтований пошук. Як зазначено раніше, при пошуку антибіотика для певного пацієнта необхідно брати до уваги наступні критерії: вік, протипоказання, вагітність, СНІД та попередні захворювання туберкульозом. Саме в такому порядку пріоритизовані відповідні фільтри антибіотиків. Логіку роботи системи підтримки прийняття рішень можна описати наступним чином. Якщо є можливість застосувати певний фільтр, тобто результуюча множина після його використання не є пустою, то його необхідно застосувати. В протилежному ж випадку повертається множина антибіотиків, яка була би найбезпечнішою – та, до якої вже були застосовані попередні фільтри. Саме тому вище вони названі пріоритизованими, адже коли фільтр з нижчим пріоритетом (той через який множина антибіотиків проходить в останню чергу) не повертає значень, антибіотики, які пройшли через попередні, вже надають певний рівень безпеки для застосування.

Нехай пошук проводиться для пацієнта  $p_k$  з патогеном  $p$  та діагнозом  $d$ . Тобто параметри пошуку відносяться до його властивостей та його специфічних умов. Для пацієнт-орієнтованого пошуку в першу чергу визначимо контроль віку, який береться до уваги системою підтримки прийняття рішень незалежно від результатів пошуку за іншими показниками пацієнта, за допомогою багатозначного відображення:

$$f_{age}: N \rightarrow 2^{AB}$$

$$f_{age}(ageP_k) = \{a_i | (age_i = \varepsilon \vee ageP_k < x)\}$$

Поряд з тим, що вікові обмеження мають задовольняти інструкціям використання антибіотиків, все ж таки умова належності до множини пошуку за патогеном та діагнозом також має бути виконаною.

$$S_{age} = \{a_i | a_i = f_{age}(x) \wedge a_i \in F_{main}\}$$

Наступний параметр пошуку, який не залежить від інших, є протипоказаннями. Якщо пацієнт має протипоказання до призначення антибіотика з множини  $F_{main}$  після головного пошуку, то такі антибіотики в будь-якому випадку не будуть включатися до результуючої множини. Повернувшись до визначення кортежу пацієнта  $p_k, FP_k \subset (N_A \cup C_A)$  – множина протипоказань пацієнта, позначимо  $FP_k = \{c_1, c_2, \dots, c_j\}$ , де  $j \in N_+$ . Та дефінуємо функцію залежності від протипоказань пацієнта:

$$f_{contr}: 2^F \rightarrow 2^{AB}$$

$$f_{contr}(c_1, c_2, \dots, c_j) = \begin{cases} a_i | a_i \in F_{main}, & \text{якщо } c_1 c_2, \dots, c_j = \varepsilon \\ a_i | c_t \neq name_i \wedge c_t \neq class_i \wedge a_i \in F_{main}, t \in \{1, \dots, j\}, & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

При пошуку антибіотиків вони також мають задовольняти віковим обмеженням та пошуковим параметрам за патогеном та діагнозом. Тоді множину антибіотиків, які пройшли через перші 2 пацієнт-орієнтованих фільтри визначимо наступним чином:

$$S_{contr} = \{a_i | a_i = f_{contr}(c_1, c_2, \dots, c_j) \wedge a_i \in S_{age}\}.$$

Що відбувається з іншими параметрами пошуку? До них додано умову, що після використання відповідних до них фільтрів, система підтримки прийняття рішень має їх використовувати тоді, коли вони повертають хоча б якісь антибіотики, не залишаючи користувача без рекомендацій. Розглянемо випадок для антибіотиків, які необхідно призначити, коли пацієнт має протипоказання на антибіотики для стандартного лікування. Коли є можливість призначити ті ліки, які рекомендовано МОЗ при певних протипоказаннях, то саме їх і треба застосувати. Якщо ж після попередніх фільтрацій та застосування цієї багатозначної функції таких ліків не знайдено, то даний критерій пошуку буде опущено.

Для початку дамо визначення функції, яка повертає такі антибіотики, як описано вище, незалежно від їх наявності. За дефініцією кортежу пацієнта  $p_k, FP_k \subset (N_A \cup C_A)$  – множина протипоказань пацієнта, зауважимо  $FP_k = \{c_1, c_2, \dots, c_j\}$ , де  $j \in N_+$ . З протипоказаннями в якості аргументів

$$f_{for\_contr}: 2^F \rightarrow 2^{AB}$$

$$f_{for\_contr}(c_1, c_2, c_3, \dots, c_j) = \{a_i \mid c_t \in F_i, t \in \{1, \dots, j\}\}$$

Тоді множину антибіотиків, яка пройшла через фільтр  $f_{for\_contr}$  та через попередні перевірки можна записати як нижче:

$$F_{for\_contr} = \{a_i \mid a_i \in S_{contr} \wedge a_i = f_{for\_contr}(c_1, c_2, c_3, \dots, c_j)\}$$

В самому ж пошуковому алгоритмі використовуватимемо наступну функцію для пацієнта  $p_k$ , яка перевіряє на наявність рекомендованих антибіотиків після застосування всіх фільтрів.

$$S_{for\_contr} = \begin{cases} \{a_i \mid a_i \in F_{for\_contr} \wedge a_i \in S_{contr}, & \text{якщо } |F_{for\_contr}| \neq 0 \\ a_i \mid a_i \in S_{contr} \wedge F_i = \emptyset, & \text{якщо } |F_{for\_contr}| = 0 \end{cases}$$

Бачимо, що, якщо множина  $F_{for\_contr}$  має в собі елементи-антибіотики, то фільтр  $f_{for\_contr}$  застосовано. Якщо ж ні – для результату обираємо антибіотики, які не є спеціальними рекомендаціями.

Так само будуть дефіновані функції пошуку для запобігання ризиків застосування антибактеріальних засобів при вагітності. Якщо пацієнтка вагітна, то необхідно обрати саме антибіотики, які рекомендовано спеціально для вагітних у таких випадках. Якщо пацієнта невагітна, то оберемо антибіотики, які протипоказані для вагітних або не мають маркера стосовно даного параметру.

$$f_{preg}: (\{Yes, No\} \cup \{\varepsilon\}) \rightarrow 2^{AB}$$

$$f_{preg}(pregP_k) = \begin{cases} a_i | preg_i = Yes, & \text{якщо } pregP_k = Yes \\ a_i | preg_i = No \vee preg_i = \varepsilon, & \text{якщо } pregP_k = No \end{cases}$$

$$F_{preg} = \{a_i | a_i \in S_{for\_contr} \wedge a_i = f_{preg}(p)\}$$

Якщо для вагітних з певним діагнозом та патогеном є рекомендації щодо антибіотиків для таких пацієнток, то їх буде взято до уваги. Якщо застосування цієї умови взагалі позбавляє користувача рекомендації, то спеціальні рекомендації не шукатимуться. Але при цьому, якщо певні антибіотики протипоказані вагітним жінкам, то їх обов'язково буде виключено з переліку рекомендацій. За такими умовами побудовано алгоритм пошуку для фільтру вагітності:

$$S_{preg} = \begin{cases} a_i | preg_i = Yes, & \text{якщо } p = Yes \wedge |F_{preg}| \neq 0 \\ a_i | preg_i = No \vee preg_i = \varepsilon, & \text{якщо } pregP_k = No \\ a_i | preg_i \neq No, & \text{якщо } p = Yes \wedge |F_{preg}| = 0 \end{cases}$$

Аналогічно як і для вагітних перевірять на рекомендації для хворих на СНІД. Тільки в даному випадку замість маркера вагітності  $preg_k$  перевірять на маркер СНІДу  $aids_k$ .

$$f_{aids}: (\{Yes, No\} \cup \{\varepsilon\}) \rightarrow 2^{AB}$$

$$f_{aids}(aids_k) = \begin{cases} a_i | aids_i = Yes, & \text{якщо } aids_k = Yes \\ a_i | aids_i = No \vee aids = \varepsilon, & \text{якщо } aids_k = No \end{cases}$$

$$F_{aids} = \{a_i | a_i \in S_{preg} \wedge a_i = f_{aids}(aids_k)\}$$

Перевірка на належність спеціальних рекомендацій та видалення протипоказаних ліків з переліку результатів визначено також аналогічно.

$$S_{aids}(aids_k) = \begin{cases} a_i | aids_i = Yes, & \text{якщо } aids_k = Yes \wedge |F_{aids}| \neq 0 \\ a_i | aids_i = No \vee aids_i = None, & \text{якщо } aids_k = No \\ a_i | aids_i \neq No, & \text{якщо } aids_k = Yes \wedge |F_{aids}| = 0 \end{cases}$$

Так само визначено перевірку на попередні захворювання туберкульозом, проте звернемо увагу на певні відмінності. Для пацієнтів які раніше вже були діагностовані туберкульозом маркер  $tub_k$  посідає значення  $\{Yes\}$ . Проте на відміну від вагітності та СНІДу в даному випадку перевірять на особливі рекомендацію для маркеру  $\{No\}$ , тобто чи є антибіотики, які необхідно призначати пацієнтам з першим туберкульозом в їх історії хвороби.

$$f_{tub}(tub_k) = \begin{cases} a_i | aids_i = No, & \text{якщо } tub_k = No \\ a_i | aids_i = Yes \vee aids = None, & \text{якщо } tub_k = Yes \end{cases}$$

$$F_{tub} = \{a_i | a_i \in S_{aids} \wedge a_i = f_{aids}(t)\}$$

Та таким же принципом як і вище, перевірять на наявність відповідей, регулюючи результуючу рекомендацію відповідним чином.

$$S_{tub}(t) = \begin{cases} a_i | tub_i = Yes, & \text{якщо } t = Yes \wedge |F_{tub}| \neq 0 \\ a_i | tub_i = No \vee tub_i = None, & \text{якщо } t = No \\ a_i | tub_i \neq No, & \text{якщо } t = Yes \wedge |F_{tub}| = 0 \end{cases}$$

#### 2.1.4 База даних

В матеріалі, що викладено раніше видно тісний зв'язок розроблюваної системи підтримки прийняття рішень з базою даних. Це вказує на необхідність опису набору знань в правильній мірі.

Сучасні технології баз даних є визначальними факторами успіху для більшості сучасних наук, тому важливо правильно їх організувати. Ще у 1970-х роках Е. Ф. Кодд запропонував схему збереження знань у вигляді таблиць, так званих відношень, які складають реляційну базу даних. Для коректного оперування ними, розроблено певні технології аналізу та представлення інформаційних систем.

Процес проектування бази даних починається з аналізу того, якого роду інформація має бути представлена та як взаємодіють елементи цієї інформації. Один з типів опису баз даних є модель сутність-зв'язок чи англійською «entity-relationship» (ER). Це графічний метод представлення структури бази даних, який дозволяє ясно відобразити зв'язки між даними та визначити їх логіку. Основною метою ER-моделювання є створення концептуальної схеми системи, яка максимально точно відобразатиме процеси та правила взаємодії інформації [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

Починати створення такої моделі треба з ідентифікації всіх сутностей, які мають бути включені до неї. Сутності представляють об'єкти реального світу або концепції, для яких потрібно зберігати інформацію. Для



програмного забезпечення в даній роботі сутностями будуть антибіотик, пацієнт, патоген та діагноз.

Для кожної сутності визначаються її атрибути, які описують властивості або характеристики цих сутностей. Сутностями для антибіотиків та пацієнтів будуть слугувати елементи відповідних кортежів, які характеризують властивості антибіотика та дані пацієнта. Для сутності патогенів та діагнозів в рамках даної роботи обмежимося двома атрибутами: індексом та назвою.

Далі проаналізуємо зв'язки між сутностями. Зв'язки описують, як сутності відносяться між собою (один до одного, один до багатьох, багато до багатьох). Типи зав'язків також вкажемо графічно певними умовними позначками на моделі.

Використовуючи отримані дані, створимо графічну діаграму, яка відображає сутності як прямокутники, атрибути як овали, а зв'язки як лінії, що з'єднують ці прямокутники. ER-діаграму для бази даних розроблюваної системи підтримки прийняття рішень зображено на рисунку 2.7.

Бачимо, що згідно з рисунком антибіотик призначається для пацієнта за зв'язком «нуль або багато до нуля або один». Тобто для єдиного пацієнта призначається будь-яка кількість антибіотиків, при тому, що є випадки, коли жодного антибіотика не знайдено. Це описує зв'язок для пацієнт-орієнтованого пошуку. Для глобального пошуку жоден пацієнт не пов'язаний з антибіотиком.

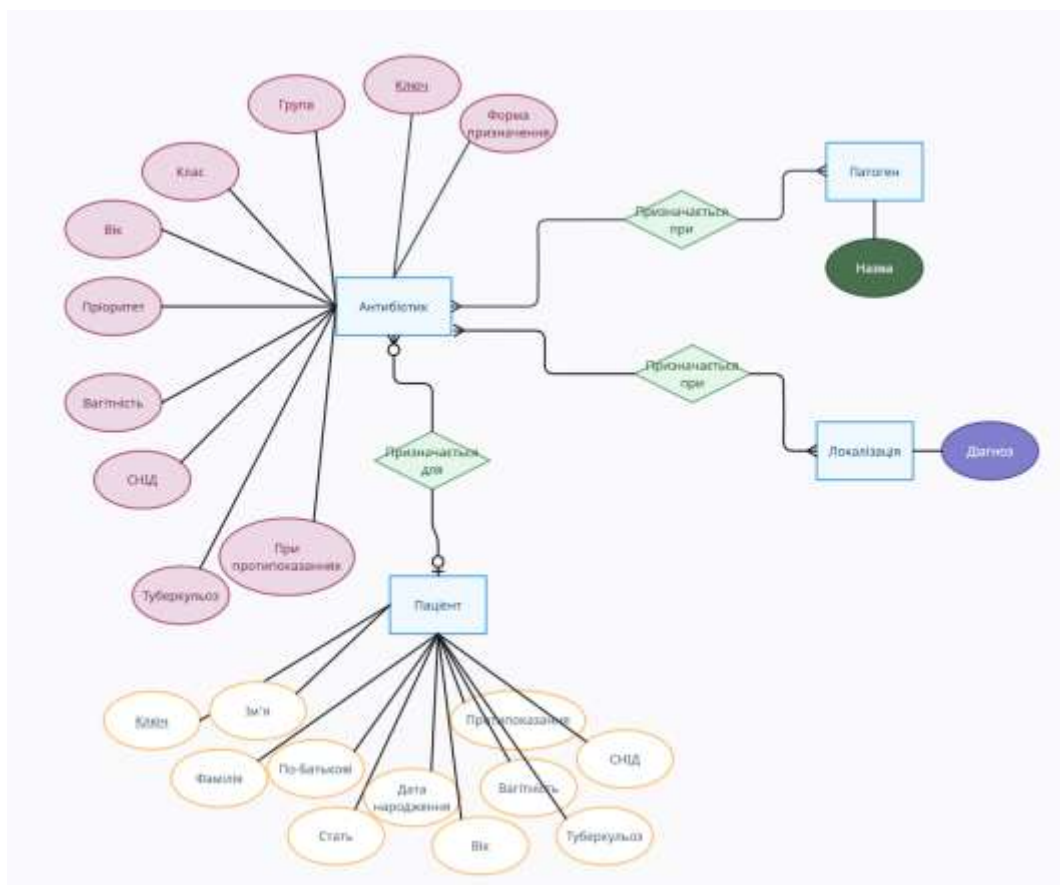


Рисунок 2.7 – ER-діаграма

Антибіотики призначаються при патогенах за зв'язком багато до багатьох. Тобто один антибіотик може призначатись при декількох різних патогенах та відповідно проти одного патогену існує від одного до декількох діючих ліків. Аналогічним чином антибіотики призначаються при діагнозах за зв'язком багато до багатьох, що також бачимо на ER-діаграмі.

Розробивши таку модель оперування даними, можемо розпочати побудову реляційної моделі та її нормалізації. Окрім відносин, зв'язків та атрибутів до реляційних моделей ще введено термін ключів–ідентифікаторів рядків таблиць. Розглянемо одразу на прикладі введення інформації лікарем до бази даних для СППР.

Як зазначалося раніше, лікар може оновлювати базу даних антибіотиків та пацієнтів. З опису алгоритму прийняття рішень та ER-діаграми бачимо розглянуті атрибути сутностей та що вони з себе представляють (типи даних). Беручи все це до уваги, зазначимо, що за допомогою розроблених

програмних інструментів лікар матиме змогу оновлювати список пацієнтів, вносячи дані в таблицю з такими стовпцями, як вказано на рисунку 2.8.

пацієнт	
id	int
прізвище	varchar
імя	varchar
побатькові	varchar
стать	varchar
дата	date
вік	int
вагітність	bool
снід	bool
туберкульоз	bool
протипоказання	varchar

Рисунок 2.8 – Відношення пацієнта

Також, звичайно, лікар матиме змогу редагувати таблицю з даними відносно антибіотиків (рис. 2.9).

антибіотик	
назва	varchar
клас	varchar
група	varchar
форма	varchar
патогени	varchar
діагнози	varchar
пріоритет	integer
зауваження	varchar
комбінація	varchar
вік	integer
при_протипоказанні	varchar
вагітність	bool
туберкульоз	bool
снід	bool

Рисунок 2.9 – відношення антибіотиків

Тут атрибути «клас», «назва», «група», «форма», «пріоритет», «зауваження», «комбінація», «вік» та маркери вагітності, туберкульозу і СНІДу є цілісними (неподільними) простими значеннями, а атрибути патогени, діагнози та антибіотики, при протипоказанні яких необхідно обрати інший в свою чергу виражено множинами, тобто лікар може обирати елементи у відповідних клітинах таблиці з даними, а саме у стовпцях «При Протипоказаннях», «Патогени», «Локалізація». Для обробки даних та реалізації пошукових запитів такий вигляд відношень не є оптимальним. Тому з метою покращення ефективності введено поняття нормалізації баз даних.

Нормалізація бази даних — це процес, який використовується в проектуванні реляційної бази даних для ефективної організації даних і зменшення надмірності інформації, забезпечуючи при цьому цілісність даних. Він передбачає розбиття великих таблиць на менші пов'язані таблиці та визначення зв'язків між ними. Основні цілі нормалізації бази даних — усунути аномалії даних, зменшити дублювання даних і зробити базу даних більш керованою.

Існують різні форми нормалізації.

1. Перша нормальна форма (1НФ):

- Кожна таблиця повинна мати первинний ключ, який однозначно ідентифікує кожен рядок.

- Кожен стовпець таблиці повинен містити атомарні (неподільні) значення.

- Значення в кожному стовпчику повинні бути одного типу даних.

2. Друга нормальна форма (2НФ):

- Таблиця повинна бути в 1НФ.

- Всі неключові атрибути (стовпці) повинні бути повністю функціонально залежними від первинного ключа. Це означає, що кожен

неключовий атрибут повинен залежати від усього первинного ключа, а не тільки від його частини.

3. Третя нормальна форма (3НФ):

- Таблиця повинна бути у 2НФ.
- Не повинно бути транзитивних залежностей, тобто неключові атрибути не повинні залежати від інших неключових атрибутів.

4. Нормальна форма Бойса-Кодда (BCNF):

- Таблиця повинна бути у 3НФ.
- Кожен неключовий атрибут повинен бути функціонально залежним від суперключа, який є будь-яким набором атрибутів, що однозначно ідентифікує рядок.

5. Четверта нормальна форма (4НФ):

- Таблиця повинна бути в BCNF.
- Вона має справу з багатозначними залежностями, гарантуючи, що жоден неключовий атрибут не залежить від інших неключових атрибутів таким чином, що створює непотрібне дублювання даних.

6. П'ята нормальна форма (5НФ):

- Таблиця повинна бути у 4НФ.
- Вона враховує залежності при об'єднанні, гарантуючи, що таблиці організовані так, щоб мінімізувати потребу в складних об'єднаннях у запитах [27].

Проаналізуємо відношення з рисунку 2.9. По-перше в них відсутні будь-які ідентифікуючі елементи, тобто ключі. По-друге таблиця зберігає в собі неатомарні значення та може посідати дублікати за необачністю лікаря-модератора. Приведемо реляційну базу даних до першої нормальної форми, виправивши вказані аспекти (рис 2.10).

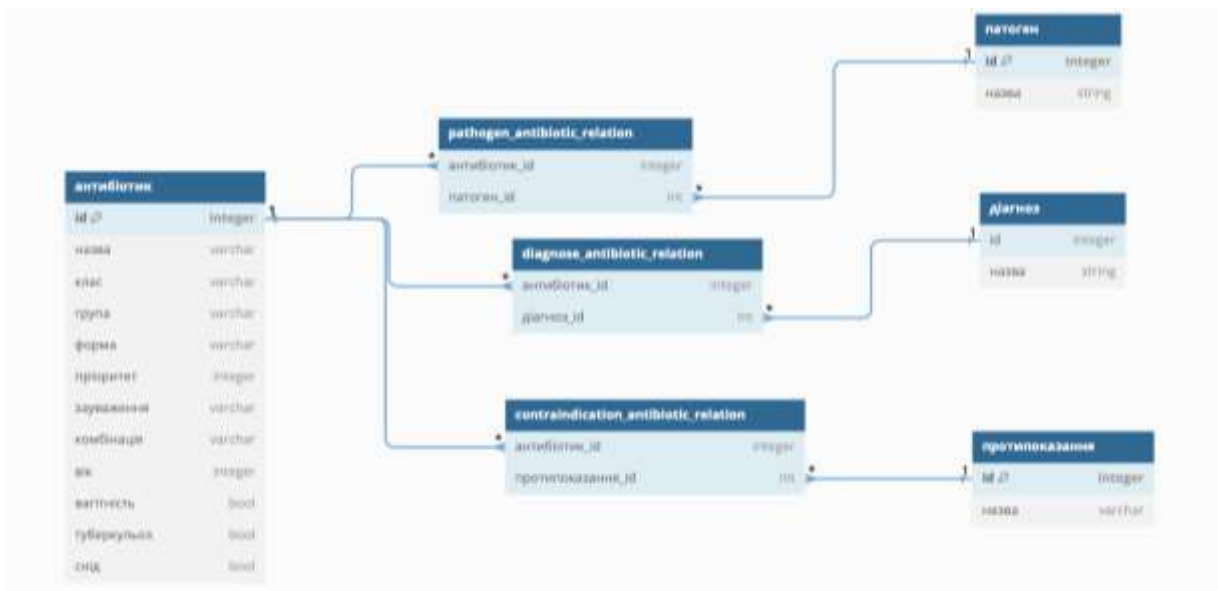


Рисунок 2.10 – Реляційна база даних

Таким чином база даних приведена до 1NF. Після видалення всіх дублікатів, програма створюватиме таблицю з усіма патогенами та діагнозами, які були перелічені у відповідних множинах кожного антибіотика, індексуючи їх назви. Таким чином кожен стовпець таблиць зберігає в собі неподільне значення. Також за визначенням елементів таблиці, у всіх клітинах відповідних стовпців зберігаються елементи однакового типу.

Крім вищевказаного всі неключові елементи таблиці залежать від єдиного ключа. Зауважимо, що антибіотик  $a_i$  з назвою  $name_i$ , який призначається в якості терапії першої лінії (посідає пріоритет  $p_i = 1$ ) та антибіотик  $a_j$  з такою ж назвою  $name_j = name_i$ , який призначається в якості альтернативної терапії (посідає пріоритет  $p_j \neq p_i$ ) вважатимемо антибіотиками з різним індексом  $i \neq j$ .

Для таблиць патогенів та діагнозів, які посідають лише одне неключове значення, очевидно, що ці (неключові) атрибути залежать напряду від єдиного ключа – індексу.

Таблиці «diagnose\_antibiotic\_relation», «pathogen\_antibiotic\_relation» та «contraindication\_antibiotic\_relation» мають лише зовнішні ключі для

реалізації відношення багато до багатьох та таким чином всі неключові значення мають повну функціональну залежність від первинного ключа. Такі характеристики бази даних відповідають визначенню другої нормальної форми (2NF).

На 2NF завершимо нормалізацію бази даних, оскільки наявні в такій формі залежності задовольняють вимогам пошукового алгоритму для системи підтримки прийняття рішень, яку розроблено в ході даної роботи.

Висновок про недоцільність подальшої нормалізації підкріплюється також дослідженням на тему «Точки зсуву нормалізації баз даних» (Database Normalization Bias Point) в [28], в якому зазначено, що нормалізація баз даних веде до підвищення продуктивності тільки для певного розміру бази даних. Тобто нормалізація приводить до великої кількості таблиць та складних зв'язків між ними. Це призводить до збільшення часу обробки запиту, споживання великого обсягу пам'яті обчислювальної машини та навантаження центрального процесора машини, на якій проводиться пошук. Проте незважаючи на це, високі рівні нормалізації дійсно стають більш ефективними з точки зору витрачених ресурсів, коли обсяг даних розраховується вже в сотнях тисяч записів. В нашому випадку кількість антибіотиків та навіть кількість всіх існуючих діагнозів з патогенами не відповідають таким великим числам, на відміну від баз даних, які тримають інформацію про антибіотики та патогени з точки зору мікробіології, коли необхідно зберігати гени резистентності та їх специфікації.

На даному етапі нормалізації досягнуто точки, де подальша нормалізація може негативно вплинути на швидкість виконання запитів та загальну продуктивність системи, що є критично важливим для системи підтримки прийняття рішень. Також подальший поділ таблиць на менші ускладнить SQL-запити для пошуку антибіотиків з певними властивостями. Завдяки досягненню 2NF, ми вже забезпечимо необхідний баланс між ефективністю управління даними та швидкодією системи, яка відіграє важливу роль у підтримці оперативного прийняття рішень. Крім цього,

залишивши наочність даних, можливо спростити їх обробку та розуміння для медперсоналу, який користуватиметься таким додатком.

### 2.1.5 Опис процесу роботи програмного коду

Система підтримки прийняття рішень має виконувати 2 основні задачі: нормалізувати оновлену базу даних та проводити пошук антибактеріальних засобів за необхідними параметрами.

Використовуючи бібліотеки `openpyxl` та `pandas` в програмному коді реалізуємо автоматичну нормалізацію бази даних під час її оновлення. Для цього зчитуємо таблицю, яку відредагував лікар, через функцію `read_excel` у структуру `pandas dataframe`. Стандартна функція `split` з певними роздільниками створюватиме масив з подільних стовпців бази даних та за допомогою функції `merge` створюватиме таблиці асоціацій для реалізації зв'язку «багато до багатьох». Бібліотека `pandas` має клас `ExcelWriter`, до якого прописана функція `to_excel`, яка імплементує запис `pandas dataframe` до файлу `Excel`, де можна наочно переглянути створені відношення. В процесі обробки початкових даних вбудованою функцією `pandas drop_duplicates`, видалятимемо з таблиць значення які повторюються. Крім цього для коректної побудови першої нормальної форми та, як наслідок, другої нормальної форми, надаватимемо таблицям унікальні ключі – числові індекси, власно розробленою для цієї мети функцією нумерації.

Для імплементації розв'язку задачі пошуку створимо функції-фільтри. Оскільки пошук проводиться з таблиць антибіотиків, то реалізовуватимемо його за допомогою мови програмування `SQL`. Згідно до описаних логічних умов, програма редагуватиме запити `SQL`. Використаємо псевдокод для опису процесу створення правильного запиту та представимо алгоритм на блок-схемі (рис. 2.11). Семантику змінних, які використовуються на ній, збережено згідно з параграфом 2.2.3. На рисунку бачимо, що запит `SQL` змінюється згідно до того, чи повертає він розв'язки.





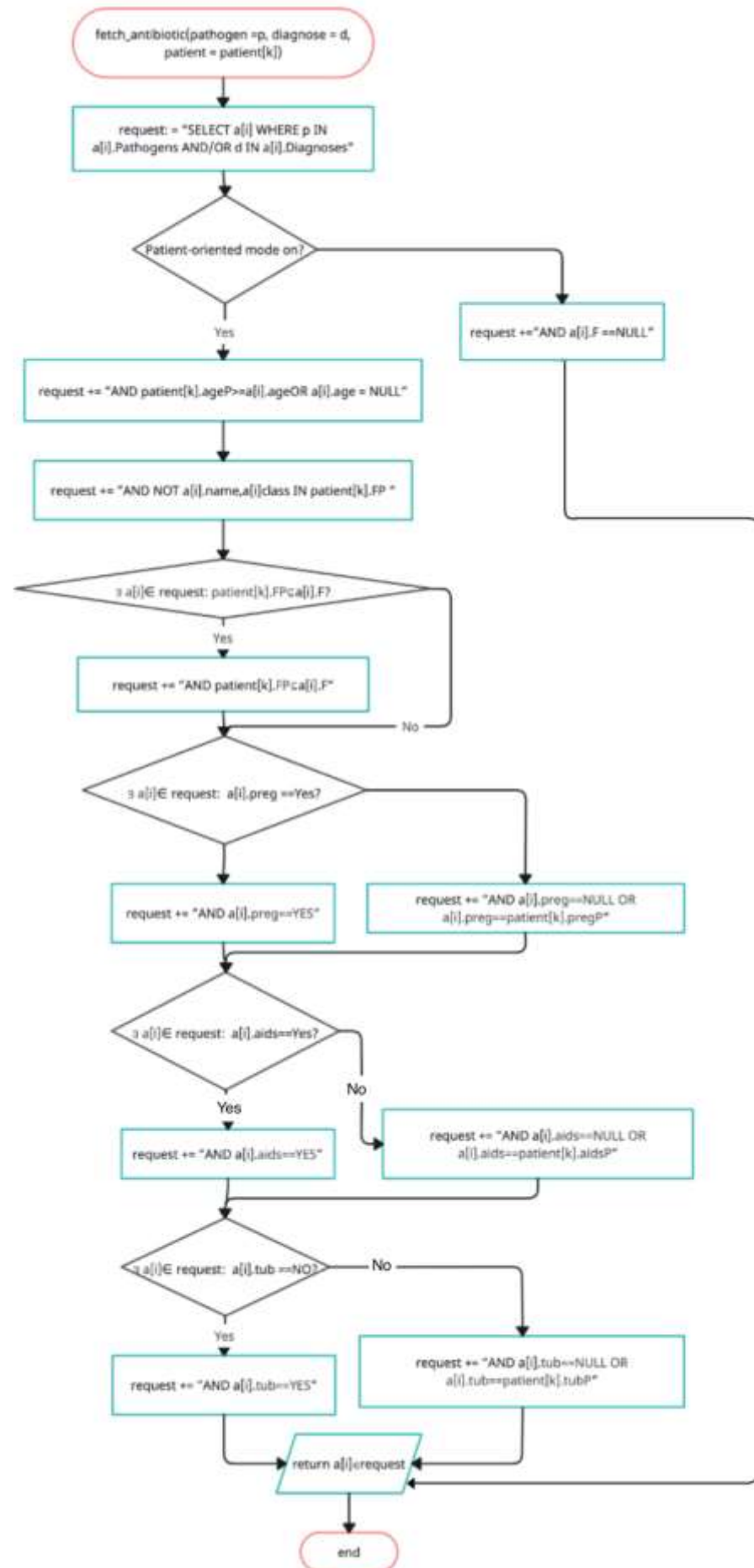


Рисунок 2.11 – Блок-схема пошукового алгоритму

## 2.2 Огляд програмного застосунку

### 2.2.1 Опис програми

Розроблена програма забезпечує систему підтримки прийняття рішень для ефективного та коректного призначення антибіотичних засобів, враховуючи індивідуальні характеристики пацієнтів та загальні рекомендації МОЗ. Програма дозволяє медичним експертам пріоритизувати можливі для лікування антибіотики на основі даних про патоген, історію захворювань пацієнта та його переносимості лікувальних засобів. Особливості даної системи підтримки прийняття рішень включають:

- імпорт медичних даних (рекомендацій) з локальних баз даних та Excel файлів, що забезпечує актуалізацію інформації про антибіотики та патогени,
- інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс,
- динамічне оновлення баз даних,
- відображення пріоритизованих результатів пошуку з додатковою інформацією про антибіотик із урахуванням вхідних пошукових параметрів про пацієнта,
- можливість енциклопедичного пошуку ліків незалежно від даних пацієнта.

Для нормального функціонування описаної програми необхідно притримуватись наступних технічних вимог:

- процесор Intel x86 Architecture/AMD x86 Architecture/ARM Architecture з частотою від 1.8 ГГц і вище.
- оперативна пам'ять від 1 ГБайт і вище
- вільний дисковий простір від 8 Гбайт і вище
- будь-який інтегрований графічний процесор (GPU)
- операційна система Windows (10 або новіші)/MacOS/Linux

- встановлені Python та бібліотеки tkinter, openpyxl, datetime, os, pandas, sqlite3
- монітор роздільною здатністю 1366 × 768 або вище

### 2.3.2 Запуск програмного застосунку

Система підтримки прийняття рішень для призначення антибактеріальних засобів з лікувальною метою заснована на базі даних, яка зберігається у файлі формату .xlsx/.xls або .tsv. Для коректної роботи програмного забезпечення необхідно замінити змінні *antibiotics\_excel* та *excel\_file\_path* на відповідні шляхи до файлів, де *excel\_file\_path* вказує на файл з даними, які вносить, корегує та контролює медичний експерт. Для подальших пояснень називатимемо даний файл лікарською базою даних. *antibiotics\_excel* – шлях до файлу, де будуть зберігатись оброблені дані у другій нормальній формі 2NF. Перетворення до 2NF виконано з метою ефективного пошуку інформації в базі даних за допомогою запитів SQL. Якщо програма запускається вперше та завантажена лише лікарська база даних, то необхідно задати змінній *antibiotics\_excel* очікуваний шлях до файлу з обробленою базою даних. Наприклад: *excel\_file\_path* = *'/Users/\*\*\*\*/\*\*\*\*\*/СППР/ЛікарБД.xls'* , тоді назвемо *antibiotics\_excel* = *'/Users/\*\*\*\*/\*\*\*\*\*/СППР/ОновленаБД.xls'* , для того щоб програма створила файл *ОновленаБД* в тій же папці де заходиться *ЛікарБД*.

Якщо за вказаним шляхом не знайдено лікарської бази даних, то при запуску програми з'являється вікно з відповідним повідомленням про помилку та блокується певний функціонал (рис. 2.12). Оновлювати базу даних не буде можливим. Якщо не знайдено файлу з оновленою базою даних, то з'являється вікно з відповідним повідомленням про помилку та блокується весь функціонал (рис. 2.13). Пошук існуючих пацієнтів та додавання нових до бази даних не буде можливим.

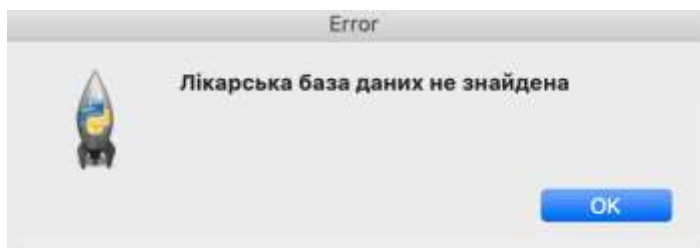


Рисунок 2.12 – Попередження про відсутність лікарської бази даних

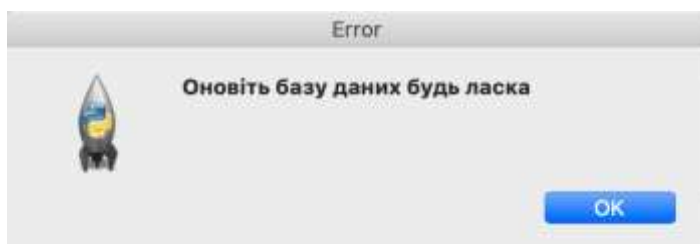


Рисунок 2.13 – Попередження про відсутність бази даних в 2 NF

### 2.3.3 База даних

Всі зміни та оновлення стосовно рекомендацій призначання антибіотиків необхідно виконувати в файлі, шлях до якого в програмному коді зберігається у змінній *excel\_file\_path*, тобто в лікарській базі даних. Для коректного оновлення інформації та запобігання її втрати файл з перетвореними даними, шлях до якого в програмному коді зберігається в змінній *antibiotics\_excel*, необхідно тримати закритим під час роботи програми, особливо якщо планується додавати пацієнтів та проводити оновлення. Загалом файл *antibiotics\_excel* не рекомендовано відкривати, адже можливо помилково призвести до помилки роботи програми, проте його перегляд не суперечить правилам використання системи підтримки прийняття рішень. Він є допоміжним інструментом для перевірки коректності перетворень лікарської бази даних до другої нормальної форми та наочного форматування початкових даних з лікарського файлу. Заборона тримати файл *antibiotics\_excel* відкритим під час роботи СППР пов'язана з протоколами роботи програми для роботи з електронними таблицями – Excel. За замовчуванням Excel блокує редагування файлу, щоб запобігти його



його застосування саме при таких обставинах, як вказано в інших колонках даного лікувального засобу. Пріоритети застосування необхідно кодувати наступним чином:

- 1–Препарат першої лінії.
- 2– Препарат другої лінії (альтернативний).
- 3–Препарат резерву.
- 4–Призначається в стаціонарі.
- 5–Дуже не рекомендовано призначати.

Так на рисунку 2.15 вказано, як необхідно оформити той факт, що при різних обставинах (наприклад при певних збудниках) антибіотик посідає різні пріоритети.

В колонці *Warning* необхідно вносити примітки щодо застосування препарату. Це може бути, наприклад, рекомендація з наказу Міністерства Охорони Здоров'я чи з інструкції до застосування лікувального засобу. Таким чином спрощується заповнення лікарської бази даних та у випадку помилки заповнення при пошуку антибіотика в системі підтримки прийняття рішень лікар у будь якому випадку має змогу побачити необхідні зауваження та зробити власні висновки.

В колонці *Combination* необхідно вносити перелік ліків, які варто комбінувати з антибіотиком для лікування хвороб/и із колонки *Pathogens*, викликаной патогеном/ами з колонки *DiagnoseName*.

группа-класс	ципрофлоксацин	II	таблетований, внутрішньом'язовий	<i>Staphylococcus aureus</i> , MRSA	інфекція м'яких тканин, запалення	1
группа-класс	ципрофлоксацин	II	таблетований, внутрішньом'язовий	<i>Aeromonas</i> spp., <i>Bruceella</i> spp., <i>Citrobacter koseri</i> , <i>Flavobacterium meningitidis</i> , <i>Haemophilus influenzae</i> , <i>Legionella</i> spp., <i>Moraxella catarrhalis</i> , <i>Neisseria meningitidis</i> , <i>Pasteurella</i> spp., <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>Vibrio</i> spp., <i>Yersinia pestis</i>	інфекція м'яких тканин, запалення шляхів, загострення хронічного обструктивного захворювання легень, бронхолегеневий інфекційно-гострий пневмонія, хронічний пійманий отит середнього вуха, загострення хронічного синуситу, інфекція статевих систем, шкарлатан, оркостридіозит, загальний захворювання органів м'якого тазу, інфекції трансмісивного, дивертикуліти, інтраабдомінальна інфекція, інфекція шкіри та м'яких тканин, ускладнений отит зовнішнього вуха, інфекція кісток і суглобів	2

Рисунок 2.15 – Фрагмент лікарської бази даних, де ципрофлоксанин посідає різні пріоритети при різних обставинах

В колонці *AgeRestriction* необхідно вносити вік, починаючи з якого дозволяється призначати даний антибіотик. При відсутності показань вважатиметься, що вікові обмеження відсутні. В колонці *Pregnant* необхідно вносити «Yes», якщо при вказаному діагнозі та патогені саме для вагітної пацієнтки необхідно призначити даний антибіотик. В колонці *Pregnant* необхідно вносити «No», якщо антибіотик недозволено приймати при вагітності. Пусті клітини колонки *Pregnant* вказуватимуть на відсутність обмежень чи рекомендацій. Аналогічні правила заповнювання діють для колонки *HIV* (вказівки до хворих на СНІД).

В колонку *ForContraindication* необхідно вносити через роздільник «,» назви/клас антибіотиків, при протипоказаннях до яких необхідно призначити даний антибіотик. Наприклад, при протипоказання до метициліну пацієнту з інфекцією нижніх сечових шляхів, викликану *Staphylococcus aureus*, варто призначити ципрофлоксанин як антибіотик першої лінії, хоча в інших випадках даний антибіотик є резервним препаратом. Тоді необхідно в двох різних строках прописати умови та відповідні пріоритети даного антибіотика як це вказано на рисунку 2.16.

	ципрофлоксанин	II	публікозаний, внутрішньовенний	<i>Staphylococcus aureus</i> , MRSA	інфекція нижніх очних шляхів	пацієнта з неускладненою інфекцією нижніх очних шляхів, спричиною MRSA, слід призначити доксицилін, сульфаметоксазолу примоксимом або ципрофлоксанин поєднано з неускладненою частково і навірно обструктивною гідарозою / підтвердженою наявністю транзокулярного запалення					
	ципрофлоксанин	III	публікозаний, внутрішньовенний	<i>Acinetobacter</i> spp., <i>Bacteroides</i> spp., <i>Streptococcus faecalis</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Haemophilus ducreyi</i> , <i>Haemophilus influenzae</i> , <i>Legionella</i> spp., <i>Mycobacteria</i> spp., <i>Neisseria meningitidis</i> , <i>Psittacosis</i> spp., <i>Salmonella</i> spp., <i>Shigella</i> spp., <i>Vibrio</i> spp., <i>Yersinia enterocolitica</i>	інфекція нижніх дихальних шляхів, загострення хронічного обструктивного захворювання легень, бронхієктатична інфекція, загострення пневмонії, хронічної гнійної сліпоти середнього вуха, загострення хронічного синуситу, інфекція статевих систем, цервіцит, оростомієліт, загальне захворювання органів м'якого твердого неба, інфекція травного тракту, діарія, ентероколіт, інтраабдоминальна інфекція, інфекція шкіри та м'яких тканин, ускладнений отит зовнішнього вуха, інфекція всток і синуїти	пацієнта з неускладненою інфекцією нижніх очних шляхів, спричиною MRSA, слід призначити доксицилін, сульфаметоксазолу примоксимом або ципрофлоксанин поєднано з неускладненою частково і навірно обструктивною гідарозою / підтвердженою наявністю					



Рисунок 2.16 – Фрагмент лікарської бази даних про призначення ліків для пацієнтів з непереносимістю метициліну

В колонку *Tuberculosis* необхідно вносити значення «No», якщо лікарський засіб необхідно призначити пацієнту з вперше виявленим туберкульозом, тобто пацієнт раніше не проходив від нього лікування. В колонку *Tuberculosis* необхідно вносити значення «Yes», якщо лікарський засіб необхідно призначити для пацієнта, який вже був діагностований туберкульозом раніше. Пуста клітина колонки *Tuberculosis* вказує на відсутність рекомендації стосовно попереднього лікування від туберкульозу.

### 2.3.4 Головне вікно СППР

Розглянемо головне вікно програми, яке зображено на рисунку 2.17:

- 1 – рядок вводу збудника;
- 2 – рядок вводу діагнозу/локалізації;
- 3 – список доступних збудників в базі даних, що оновлюється відповідно до вводу користувача в елементі 1;
- 4 – список доступних діагнозів/локалізацій в базі даних, що оновлюється відповідно до вводу користувача в елементі 2;
- 5 – рядок виводу рекомендованих антибіотиків;

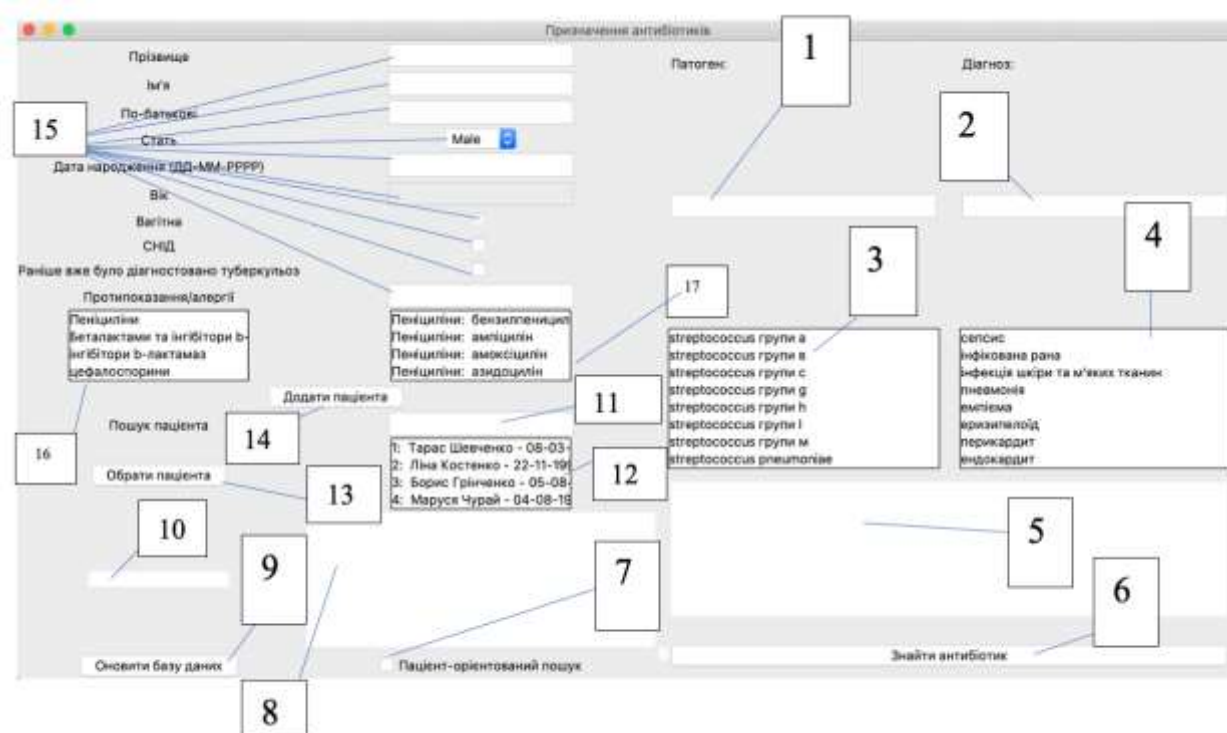


Рисунок 2.17 – Елементи головного вікна СПДР

- 6 – кнопка для виводу рекомендованих антибіотиків в елементі 5;
- 7 – прапорець для зміни режиму пошуку: Глобальний пошук (ГП) та пацієнт-орієнтований пошук(ПП);
- 8 – інформація про пацієнта, стосовно якого виконуватиметься пацієнт-орієнтований пошук;
- 9 – кнопка оновлення бази даних;
- 10 – поле індексу обраного пацієнта, для якого потенційно буде проводитись пацієнт-орієнтований пошук;
- 11 – рядок пошуку пацієнта за ім'ям/прізвищем/датою народження;
- 12 – список пацієнтів, внесених до бази даних, який оновлюється відповідно до вводу користувача в елементі 11;
- 13 – кнопка вибору пацієнта, дані якого введено в елементі 11 та для якого потенційно виконуватиметься пацієнт-орієнтований пошук антибактеріальних засобів. Індекс обраного пацієнта відображено в елементі (10). Всі дані обраного пацієнта зображено в елементі 8;
- 14 – кнопка для додавання нового пацієнта до бази даних;

15 – поля для введення даних про пацієнта, який додається до бази даних елементом 14. Зверху вниз: прізвище; ім'я; ім'я по-батькові; стать; дата народження; поле, в якому автоматично вводиться вік відповідно до введеної дати народження; прапорець, чи вагітна пацієнтка; прапорець, чи хворий пацієнт на СНІД; прапорець чи лікувався вже пацієнт від туберкульозу; поле для ліків чи класів ліків, які протипоказані пацієнту чи до яких збудник має резистентність;

16 – список класів антибіотик, який оновлюється згідно до вводу в полі для протипоказань пацієнта з елемента 15;

17 – список класів та назв антибіотиків, який оновлюється згідно до вводу в полі для протипоказань пацієнта з елемента 15.

### **2.3.5 Оновлення даних**

Після редагування інформації в лікарській базі даних необхідно оновити файл з трансформованими у 2NF БД. Для цього необхідно зберегти зміни, виконані у файлі зі шляхом в змінній *excel\_file\_path*. Наступним кроком необхідно переконатись в тому, що файл зі шляхом в змінній *antibiotics\_excel* закрито. Далі потрібно натиснути на кнопку «Update database» (9, рис. 2.17) та перезапустити програму.

### **2.3.6 Загальний пошук**

Програма дозволяє проводити два види пошуку антибіотиків: глобальний та пацієнт-орієнтований. За умовчанням ввімкнений глобальний пошук. Для того, щоб перевірити антибіотики, рекомендовані для загальних випадків, необхідно ввести назву збудника та/або локалізацію інфекції в поля Pathogen та/або Diagnose (1,2, рис. 2.17) відповідно. Оскільки один збудник може мати різні медичні назви, то для більш зручного пошуку в полі під пошуковими рядками (3, рис. 2.17) перелічуються назви збудників з

оновленої бази даних, які частково чи повністю збігаються з введеним запитом. Аналогічно для поля для вводу діагнозу/локалізації (2, рис. 2.17). Далі необхідно натиснути кнопку «Get Antibiotics» (6, рис. 2.17), після чого в полі над кнопкою (5, рис. 2.17) зображується перелік антибіотиків, які можуть бути дієві проти заданого збудника та заданого захворювання. Крім подвійного пошуку також може бути корисним пошук лише за збудником чи лише за хворобою, адже назви деяких збудників можуть перекликатись із спричиненою ними хворобою чи дані патогени викликають лише одне захворювання. Наприклад, *vibrio cholerae* є виключно збудником холери. Тоді користувачу би вистачило ввести лише в одне поле для збудника чи локалізації відповідний запит для того, щоб отримати коректні рекомендації. Приклади зображено на рисунках (рис.2.18, 2.19). Бачимо, що в трьох випадках вивід програми залишається однаковим. Так лікар може проводити швидкий пошук за певними збудниками/локалізаціями.

Проте є випадки, коли унарний пошук не задовольняє медичним потребам. Наприклад, *Staphylococcus aureus* може викликати різноманітні інфекції, лікування яких є вже більш специфічним.

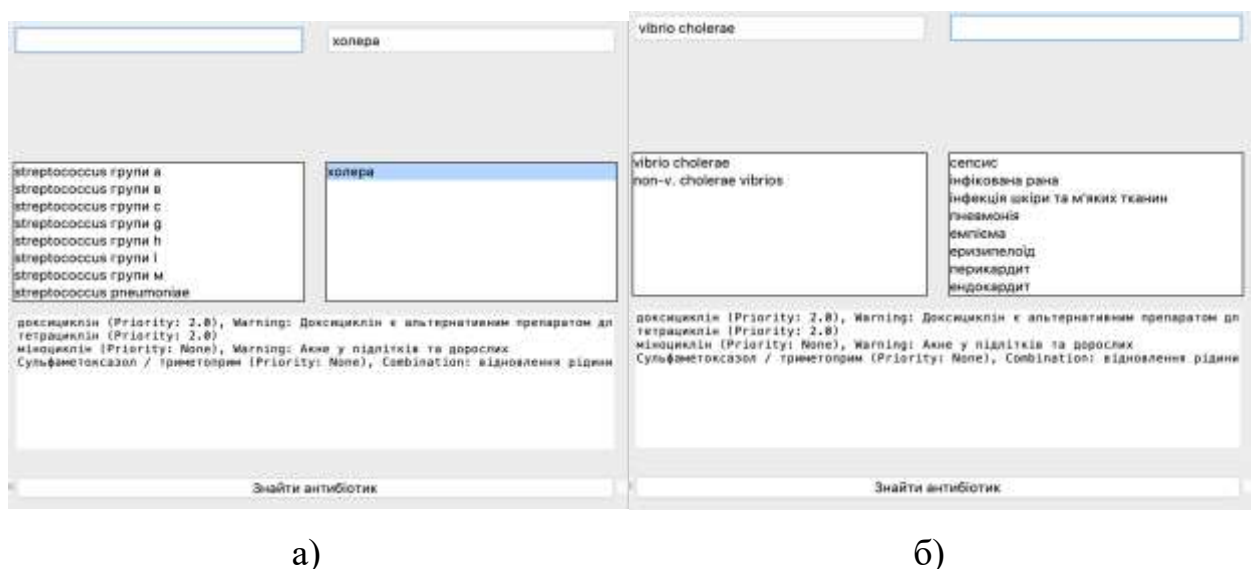


Рисунок 2.18 – запит а) за діагнозом; б) за патогеном

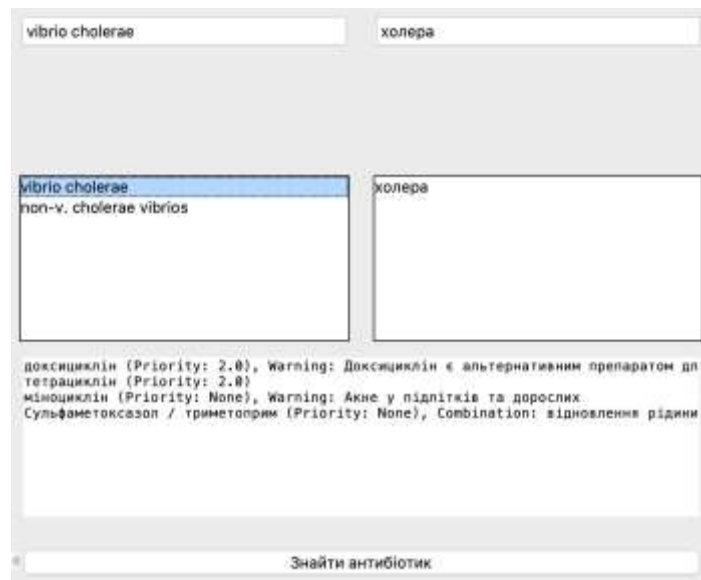


Рисунок 2.19 – Подвійний пошук

Розглянемо роботу програми для даного випадку на рисунках (рис. 2.20 - 2.22). Бачимо, що пошук лише за патогеном повертає більший перелік лікувальних засобів в той час, коли подвійний пошук виключає із рекомендацій ті засоби, які не використовуються для лікування інфекцій шкіри та м'яких тканин. На прикладі з рисунку (рис. 2.20) помітно, що в якості антибіотика другої лінії варто використовувати лише азитроміцин, проте унарний пошук повертає також левофлоксацин, який не використовується для лікування шкірних захворювань (рис. 2.21). Крім цього в деяких випадках унарний пошук може повертати один антибіотик двічі, але з різними пріоритетами. Така поведінка є прямою вказівкою на те, що для коректного виводу рекомендацій необхідно ввести другий параметр пошуку. Тому в цьому випадку передбачено відповідне повідомлення з попередженням (рис. 2.22).

Таким чином глобальний режим є допоміжним інструментом для загального аналізу лікування медичним експертом, який може використовувати такий пошук для перевірки, контролю чи винайдення можливих рекомендацій. До того ж поле виводу (5, рис. 2.17) вказує додаткову інформацію про антибіотики, виходячи з якої лікар має змогу зробити власні висновки та переглянути актуальні примітки щодо деталей

призначення певного антибіотику, який у полі виводу позначається заголовком *Warning*.

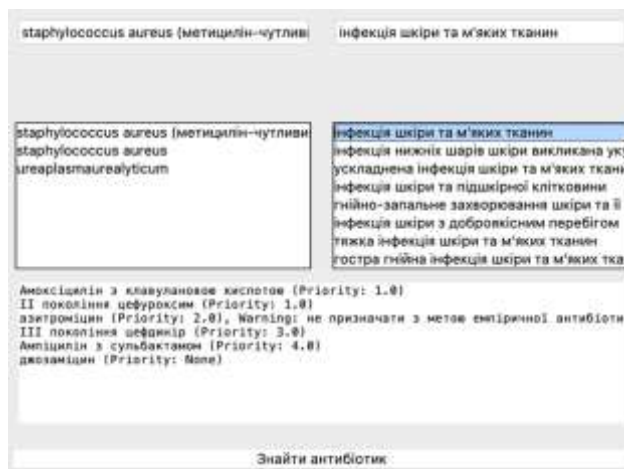


Рисунок 2.20 – Пошук для лікування інфекції шкіри та м'яких тканин, викликані *Staphylococcus aureus*

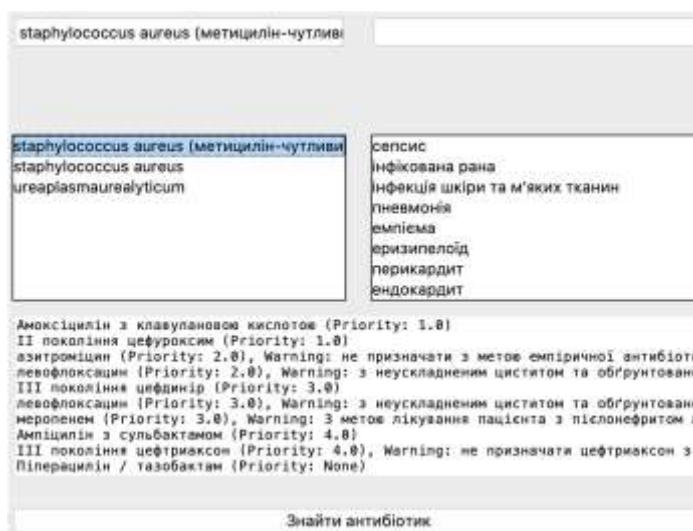


Рисунок 2.21 – Пошук за збудником *Staphylococcus aureus* без уточнення локалізації захворювання

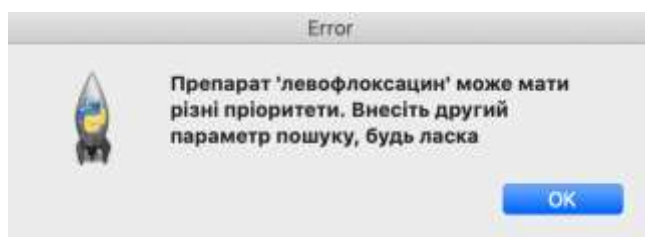


Рисунок 2.22 – Повідомлення при виводі одного антибіотику з різними пріоритетами

### 2.3.7 Пацієнт-орієнтований пошук

Основним завданням програмного забезпечення є автоматично виконувати персоналізований пошук рекомендованих антибіотиків, беручи до уваги загальні рекомендації та актуальні вказівки Міністерства Охорони Здоров'я. Саме з цією метою створено пацієнт-орієнтований пошук. Розглянемо поетапно можливі випадки застосування пацієнт-орієнтованого пошуку.

При першому запуску програми та першому створенні бази даних таблиця для пацієнтів ще не заповнена. Дана система підтримки прийняття рішень дозволяє користувачу додавати пацієнтів до бази даних. Для цього необхідно заповнити поля параметрів пацієнта (15, рис. 2.17). Розглянемо приклад при додаванні пацієнта з параметрами рисунку (рис. 2.23). Поле для віку автоматично заповнюється після введення дати народження. Якщо дата народження введена некоректно, то з'являється відповідне повідомлення з вказівками про помилку (рис. 2.24) При виборі чоловічої статі прапорець для вказівки на вагітність пацієнта автоматично блокується для уникнення випадкових помилок при введенні. Перший доданий пацієнт в даному прикладі (див. рис. 2.23) не хворий на СНІД та не лікувався від туберкульозу згідно до введених даних. Для запобігання помилок при введенні протипоказань/алергій у полі «Contraindication/Intotarance» (15, рис. 2.17) у списках під даним полем (16, 17, рис. 2.17) вказано всі можливі класи та назви антибіотиків, які є у лікарській базі даних. Дуже важливо вводити протипоказання через кому, таким чином допоміжні списку оновлюватимуться правильно та у подальших операціях дані будуть коректним чином оброблено.

Рисунок 2.23– Додавання першого пацієнта до бази даних

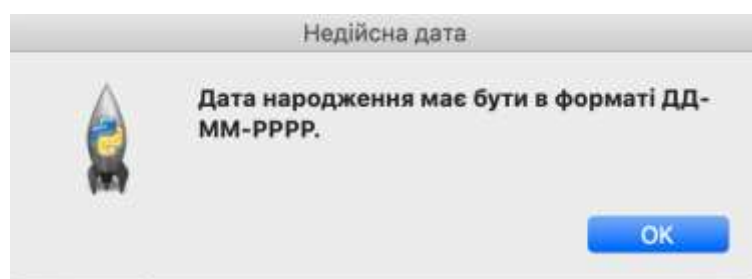


Рисунок 2.24 – Повідомлення про некоректне введення дати народження пацієнта при додаванні його до бази даних

Для того, щоб додати пацієнта з введеними параметрами у відповідних полях (15, рис. 2.17) даними необхідно натиснути на кнопку «Add Patient» (14, рис. 2.17). Після цього з'являється спливаюче вікно з повідомленням про вдале додавання та індекс нового пацієнта (рис. 2.25). Одразу в полі нижче (12, рис. 2.17) оновлюється список пацієнтів для пошуку(рис. 2.26). В цьому полі (12, рис. 2.17) зображено індекси та відповідні імена, фамілії, дати народження пацієнтів, які були додані до бази даних (рис.2.26).



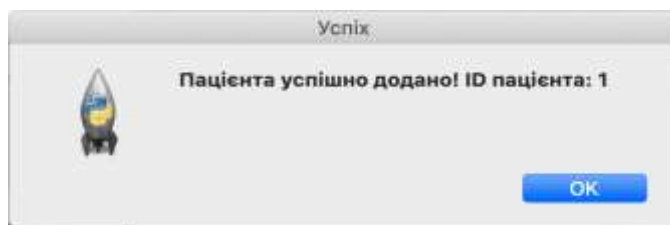


Рисунок 2.25– Повідомлення про вдале додавання пацієнта з індексом 1 до бази даних

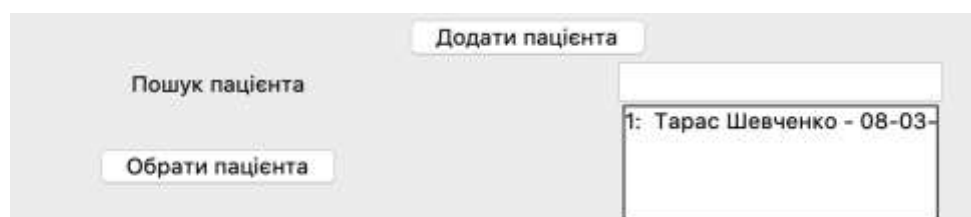


Рисунок 2.26 – Оновлення переліку пацієнтів, які знаходяться в базі даних

За цими параметрами можна проводити пошук пацієнтів у відповідному полі (11, рис. 2.17). Щоб обрати пацієнта, для якого буде проводитись пацієнт-орієнтований пошук необхідно натиснути на кнопку «Select Patient» (13, рис. 2.17). Індекс та вся інформація обраного пацієнта відображується в полях нижче (10, 8, рис. 2.17) відповідно. Для переключення в режим пацієнт-орієнтованого пошуку необхідно активувати прапорець «Patient-Specific Search» (7, рис. 2.17). Тоді елементи вікна програми матимуть вигляд як на рисунку (рис. 2.27). Оскільки пацієнт з індексом 1 не має спеціальних кондицій, то вивід не відрізнятиметься від глобального пошуку. Бачимо це на прикладі пошуку інфекції шкіри та м'яких тканин, викликаной метицилін-чутливим *Staphylococcus aureus*, в пацієнт-орієнтованому режимі (рис. 2.28). Якщо в пацієнт-орієнтованому режимі при натисканні кнопки «Get Antibiotics» (6, рис. 2.17) не вказано індекс пацієнта, то з'являється вікно з відповідним попередженням про помилку (рис. 2.29).

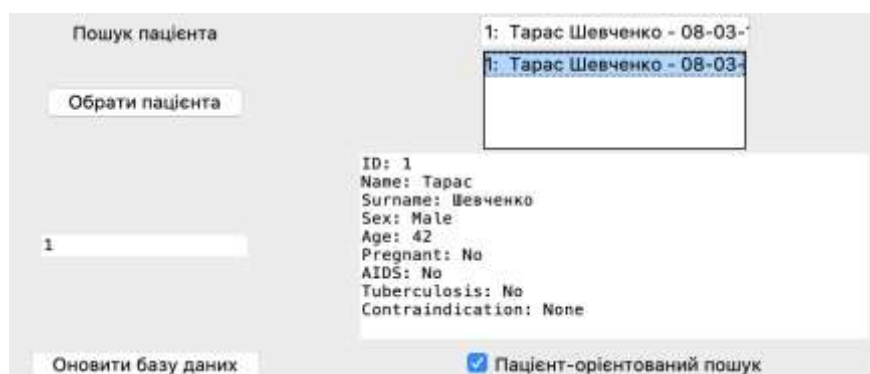


Рисунок 2.27 – Вікно програми, готової до використання пацієнт-орієнтованого пошуку

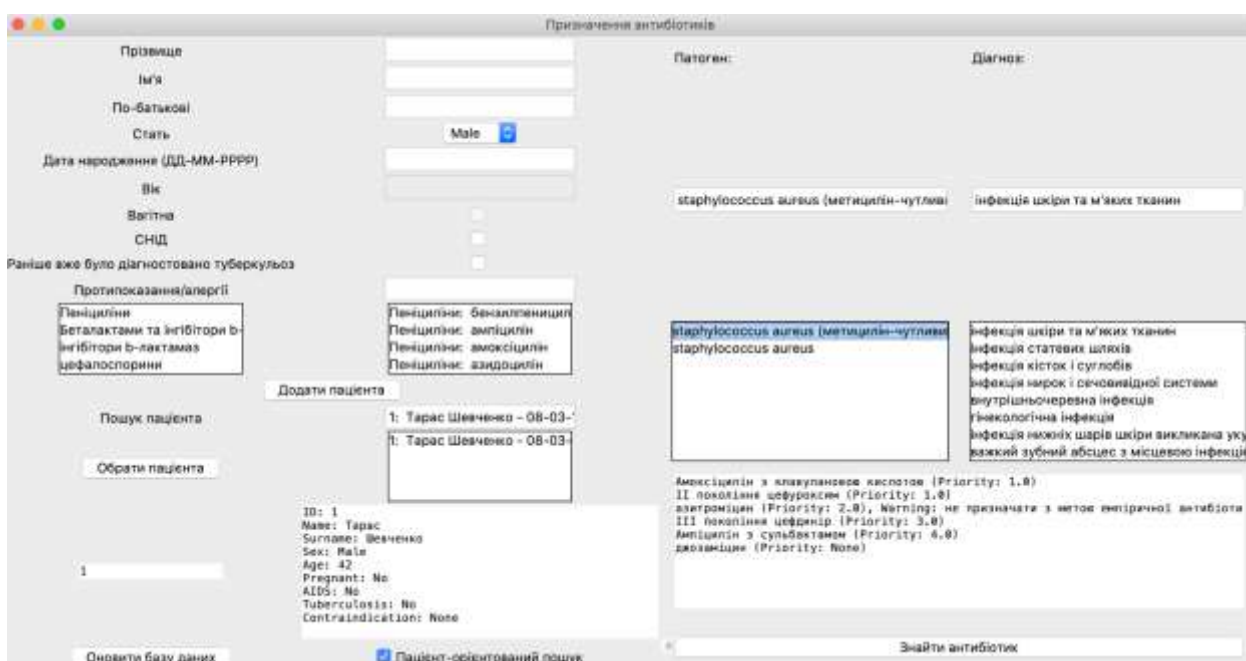


Рис 2.28 – Пошук антибактеріальних засобів для пацієнта з індексом 1

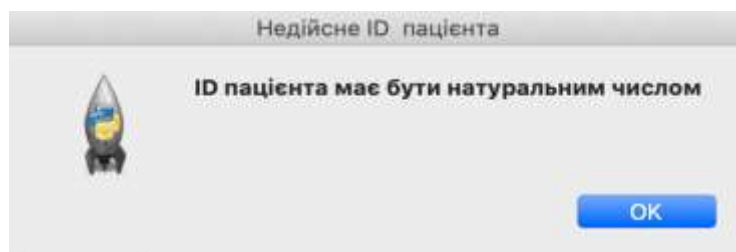


Рисунок 2.29 – Повідомлення про некоректне введення індексу пацієнта

### 2.3.8 Приклади застосування СППР

Додамо більше пацієнтів до бази даних для демонстрації логіки рекомендації призначення антибіотиків. При будь-яких обставинах програма в першу чергу перевіряє чи задовольняє вік пацієнта дозволеному обмеженню в рекомендаціях до застосування антибіотика. На прикладі конкретних пацієнок з індексами 7 та 8 перевіримо роботу СППР.

Згідно до наказу МОЗ 2023 року та інструкції використання фосфоміцину – антибіотика, який належить до похідних фосфітної кислоти–пероральне призначення фосфоміцину з метою лікування пацієнта з неускладненим циститом показано виключно у випадку мікробіологічного підтвердження *escherichia coli*, оскільки інші грамнегативні-продуценти ESBL (*K. pneumoniae*, *Klebsiella spp*, *Enterobacter spp.* та *Serratia marcescens*) часто є носіями гену резистентності *fosA* та призначається від 12 років. При глобальному пошуку лікування запалення сечового міхура (цистит) програма повертає ряд антибіотиків, як видно на рисунку (рис. 2.30) з відповідними зауваженнями.

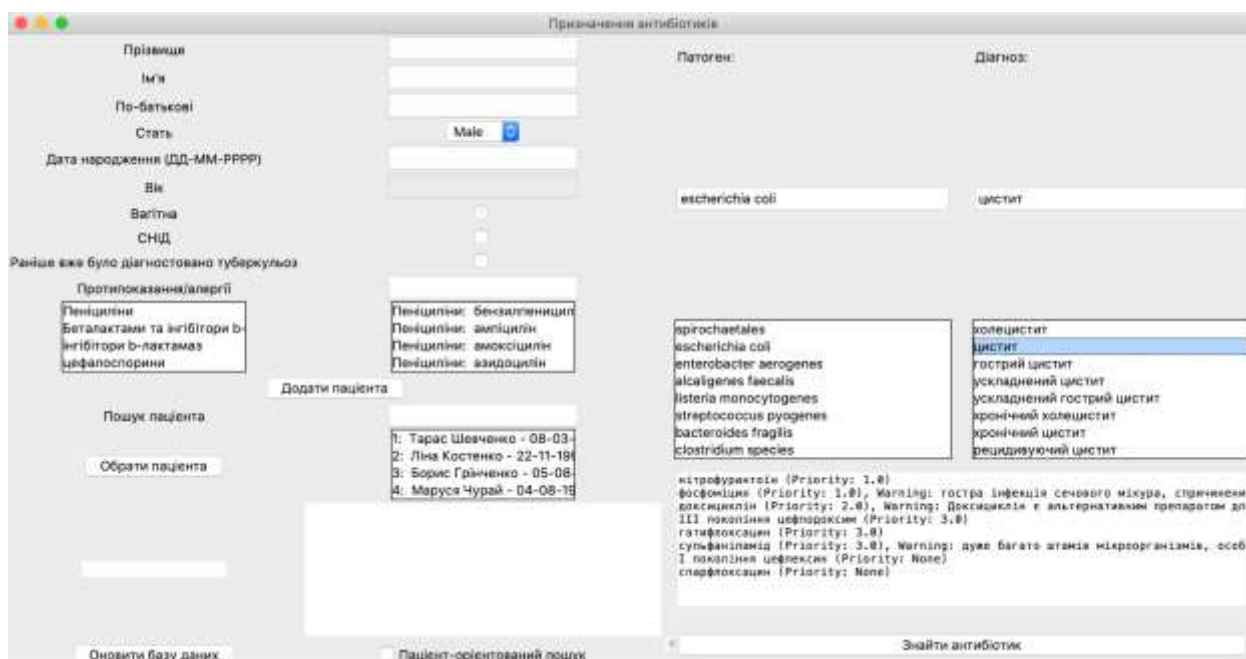


Рисунок 2.30 – Глобальний пошук рекомендацій для лікування циститу, викликаного *escherichia coli*

Пацієнтка з індексом 7 (див. рис. 2.31) досягла віку 32 роки, тому їй дозволено приймати фосфоміцин, який їй варто прописати при такому діагнозі, адже він посідає перший пріоритет. Проте пацієнтка з індексом 8 (див. рис. 2.32) ще не досягла віку 12 років, тому, як і вказано на рисунку (рис. 2.32), їй недозволено приймати фосфоміцин, а отже необхідно призначити інший препарат з найвищим пріоритетом, а саме нітрофурантоїн.

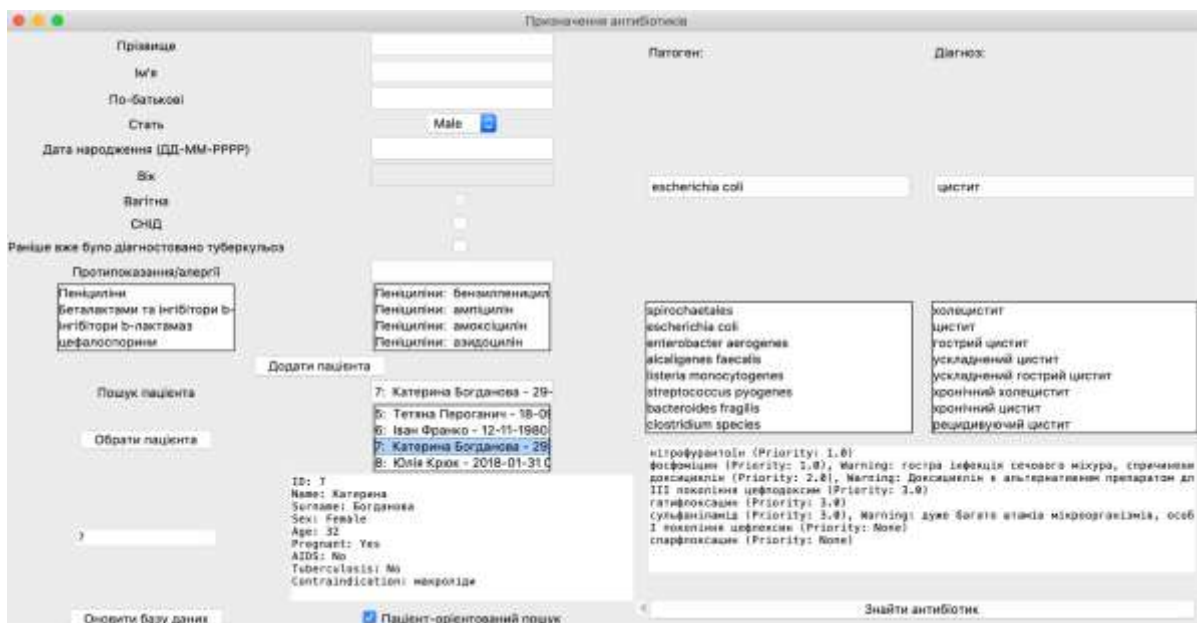


Рисунок 2.31– Пошук для пацієнтки віку 32 роки

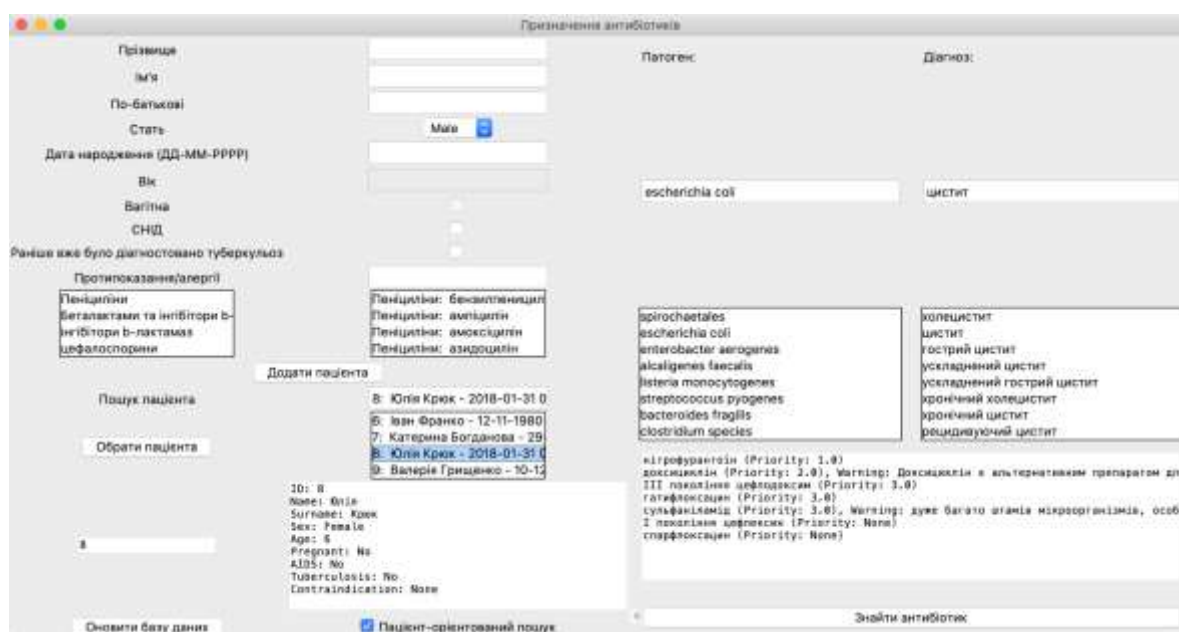


Рисунок 2.32 – Пошук для пацієнтки віку 6 років

Найпріоритетніший фільтр антибактеріальних засобів (після перевірки на вік та алергії), на який націлена дана робота, це пошук антибіотиків для пацієнтів з алергією / протипоказанням / резистентністю на певні препарати. Розділ 4 Стандарту медичної допомоги «Рациональне застосування антибактеріальних і антифунгальних препаратів з лікувальною та профілактичною метою» присвячений подібним рекомендаціям. Розглянемо на прикладі лікування гострих інфекцій поза сечовими шляхами. З метою лікування пацієнта з інфекційною хворобою (інфекційним запаленням) поза сечовими шляхами й обґрунтованої підозри / підтвердженої наявності грамнегативних МAMP-продуцентів карбапенемази ОХА-48, слід призначити цефтазидим/авібактам.

Оскільки дана система підтримки прийняття рішень не оперує на мікробіологічному рівні, то виразимо рекомендацію, проаналізуючи її. Карбапенемази — це клас ферментів, які здатні руйнувати карбапеними, широкоспекторні антибіотики, що зазвичай використовуються як "останній засіб" для лікування важких бактеріальних інфекцій, в тому числі тих, що стійкі до інших антибіотиків. Бактерії, здатні продукувати карбапенемази, називаються МAMP-продуцентами. Тобто для пацієнта, який має інфекцію не сечових шляхів, викликану збудником, який може продукувати вищевказаний фермент, то згідно до рекомендації МОЗ варто призначити цефтазидим. Зазвичай цефтазидим є препаратом резерву, проте описаному випадку він матиме найбільший пріоритет.

Цефтазидим третього покоління призначається проти *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus agalactiae*, *Citrobacter koseri*, *Escherichia coli*, *Haemophilus influenza*, *Moraxella catarrhalis*, *Neisseria meningitidis*, *Proteus mirabilis*, *Proteus spp.*, *Providencia spp.*, *Acinetobacter baumannii*, *Burkholderia cepacia*, *Citrobacter freundii*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Serratia spp.*, *Morganella morgani*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus*

pneumonia, *Clostridium perfringens*, *Peptococcus* spp., *Peptostreptococcus* spp., *Fusobacterium* spp.. Серед перелічених збудників є потенційними МАР-продуцентами та можуть викликати запалення поза сечовими шляхами: *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella* spp., *Escherichia coli*, *Enterobacter* spp., *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter aerogenes*, *Citrobacter* spp., *Citrobacter freundii* тощо.

Як вже зазначено вище, МАР-продуценти резистентні на клас антибіотиків– карбапенемів. До них входять ертапенем, іміпенем / циластатин, тебіпенеммеропенем, меропенем. Таким чином якщо пацієнт має інфекцію поза сечовими шляхами, викликану одним із можливих продуцентів карбапенемази, який виробив резистентність до карбапенемів (ертапенем, іміпенем / циластатин, тебіпенеммеропенем, меропенем), то пацієнту варто призначити III покоління цефтазидім, як лікувальний засіб з найвищим пріоритетом для такого випадку.

Окрім перелічених зауважень до III покоління цефтазидіму існують подальші примітки, щодо застосування цього препарату. На рисунках (рис.2.33, 2.34) зведено дані про застосування цефтазидіму подібно до того, як виглядає база даних для системи підтримки прийняття рішення, описаної в даній роботі.

На прикладі III покоління цефтазидіму протестуємо дії системи прийняття рішень при певних умовах. Менінгіт – це запалення оболонок головного та спинного мозку, збудником якого може бути *escherichia coli*. На рисунку (рис. 2.35) зображено результат глобального пошуку для даного випадку. Бачимо, що запропоновано 5 антибіотиків: хлорамфенікол (Priority: 2.0), III покоління цефотаксим (Priority: 3.0), III покоління цефтазидім (Priority: 3.0). Найвищий пріоритет посідає хлорамфенікол та перевіривши за глобальним пошуком програми, представленої в даній роботі, лікар скоріш за все мав би призначити саме його. Якщо застосувати пацієнт-орієнтований пошук для хворого без протипоказань на якісь ліки, то результат програми не зміниться.

цефалоспорины	III поколение цефтазидим	внутримышечно, внутривенно	P. Aeruginosa	Внутринолькаринна пневмонія, інфекція дихальних шляхів, менінгіт, хронічний середній отит, зловісний зовнішній отит, ускладнена інфекція шкіри та м'яких тканин, ускладнена інфекція червоної порожнини, інфекція кісток і суглобів, перитоніт	1	Препарат вибору при P. Aeruginosa. У пацієнтів з інфекційним Запаленням поза сечовими шляхами й обґрунтованої підозри / підтвердженої наявності грамнегативних MAMP-продуктів карбаленемази CXA-48.		
цефалоспорины	III поколение цефтазидим	внутримышечно, внутривенно	Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa, Klebsiella pneumoniae, Klebsiella spp., Escherichia coli, Enterobacter spp., Enterobacter cloacae, Enterobacter aerogenes, Citrobacter spp.	Внутринолькаринна пневмонія, інфекція дихальних шляхів, менінгіт, хронічний середній отит, зловісний зовнішній отит, ускладнена інфекція шкіри та м'яких тканин, ускладнена інфекція червоної порожнини, інфекція кісток і суглобів, перитоніт	1	З метою лікування пацієнта з інфекційною хворобою (інфекційним запаленням) поза сечовими шляхами й обґрунтованої підозри або підтвердженої наявності грамнегативних MAMP – CRE (в тому числі карбаленемази, що продукуються K.pneumoniae – KPC), необхідно призначити цефтазидим/авібактам, якщо: 1) CRE (в тому числі продукт CRE) стійкий до ертапенему та стійкий до Меропенему; 2) за неможливості лабораторного підтвердження продукції карбаленемази; 3) з лабораторно підтвердженою відсутністю продукції карбаленемази. З метою лікування пацієнта з інфекційною хворобою (інфекційним запаленням) поза сечовими шляхами й обґрунтованої підозри / підтвердженої наявності грамнегативних MAMP-продуктів метало-β- лактамази (включно з NDM, VIM та IMP), необхідно призначити цефтазидим/авібактам в комбінації з азтронетомом.	авібактам та азтронетом	беталактами та інгібітори β- лактамази, інгібітори β- лактамази

Рисунок 2.33 – Фрагмент (відформатований) лікарської бази даних про рекомендації щодо призначення цефтазидиму ч.1

цефалоспорины	III поколение цефтазидим	внутримышечно, внутривенно	Citrobacter koseri, Escherichia coli, Proteus mirabilis, Providencia spp., Citrobacter freundii, Enterobacter aerogenes, Enterobacter cloacae, Klebsiella pneumoniae, Klebsiella spp.	Внутринолькаринна пневмонія, інфекція дихальних шляхів, менінгіт, хронічний середній отит, зловісний зовнішній отит, ускладнена інфекція шкіри та м'яких тканин, ускладнена інфекція червоної порожнини, інфекція кісток і суглобів, перитоніт	1	З метою лікування пацієнта з інфекційною хворобою (інфекційним запаленням) поза сечовими шляхами й обґрунтованої підозри або підтвердженої наявності грамнегативних MAMP – CRE (в тому числі карбаленемази, що продукуються K.pneumoniae – KPC), необхідно призначити цефтазидим/авібактам, якщо: 1) CRE (в тому числі продукт CRE) стійкий до ертапенему та стійкий до Меропенему; 2) за неможливості лабораторного підтвердження продукції карбаленемази; 3) з лабораторно підтвердженою відсутністю продукції карбаленемази. З метою лікування пацієнта з інфекційною хворобою (інфекційним запаленням) поза сечовими шляхами й обґрунтованої підозри / підтвердженої наявності грамнегативних MAMP-продуктів метало-β- лактамази (включно з NDM, VIM та IMP), необхідно призначити цефтазидим/авібактам в комбінації з азтронетомом.	авібактам	ертапенем, меропенем, карбаленемази
цефалоспорины	III поколение цефтазидим	внутримышечно, внутривенно	Streptococcus pyogenes, Streptococcus agalactiae, Citrobacter koseri, Escherichia coli, Haemophilus s influenzae, Moraxella catarrhalis, Neisseria meningitidis, Proteus mirabilis, Proteus spp., Providencia spp., Acinetobacter baumannii, Burkholderia	Внутринолькаринна пневмонія, інфекція дихальних шляхів, менінгіт, хронічний середній отит, зловісний зовнішній отит, ускладнена інфекція сечовідних шляхів, ускладнена інфекція шкіри та м'яких тканин, ускладнена інфекція червоної порожнини, інфекція кісток і суглобів, перитоніт	3	З метою лікування пацієнта з інфекційною хворобою (інфекційним запаленням) поза сечовими шляхами й обґрунтованої підозри або підтвердженої наявності грамнегативних MAMP – CRE (в тому числі карбаленемази, що продукуються K.pneumoniae – KPC), необхідно призначити цефтазидим/авібактам, якщо: 1) CRE (в тому числі продукт CRE) стійкий до ертапенему та стійкий до Меропенему; 2) за неможливості лабораторного підтвердження продукції карбаленемази; 3) з лабораторно підтвердженою відсутністю продукції карбаленемази. З метою лікування пацієнта з інфекційною хворобою (інфекційним запаленням) поза сечовими шляхами й обґрунтованої підозри / підтвердженої наявності грамнегативних MAMP-продуктів метало-β- лактамази (включно з NDM, VIM та IMP), необхідно призначити цефтазидим/авібактам в комбінації з азтронетомом.		

Рисунок 2.34 – Фрагмент (відформатований) лікарської бази даних про рекомендації щодо призначення цефтазидиму ч.2



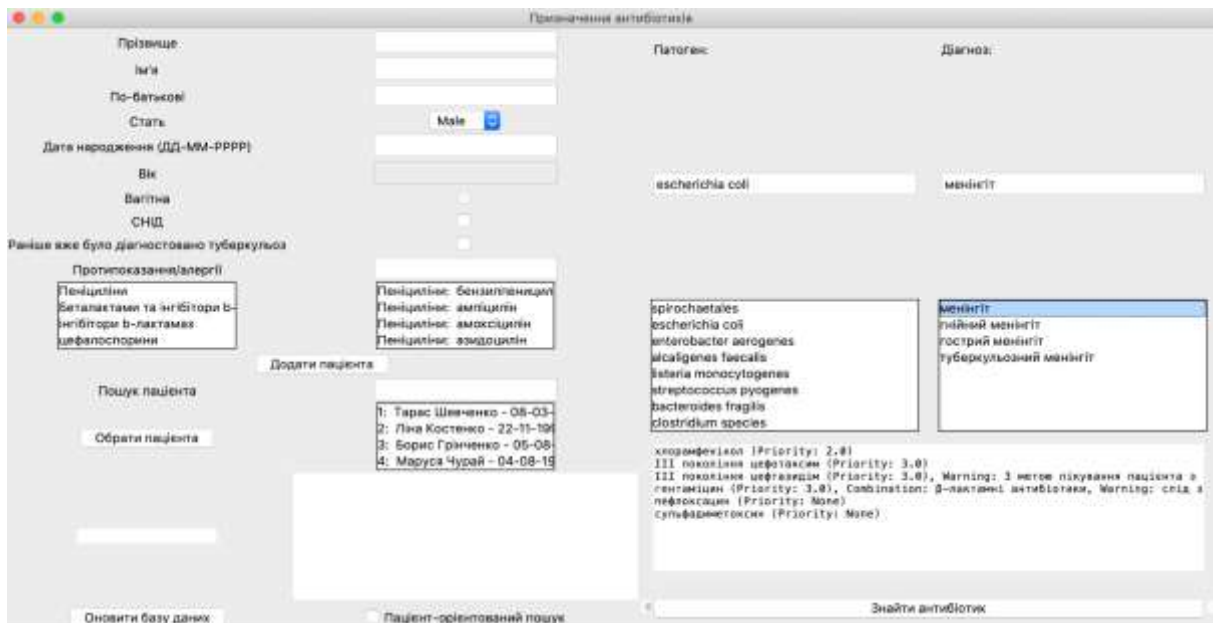


Рисунок 2.35 – Глобальний пошук для захворювання менінгітом, викликаного *escherichia coli*

Проте на прикладі пацієнта з вищевказаним діагнозом з індексом 10 (див. рис. 2.36), переконаємось, що система підтримки прийняття рішень повертає бажані рекомендації. Пацієнт інфікований бактерією *escherichia coli* та має резистентність до карбопенемів, а значить цей штам патогену є МAMP-продуцентом. Оскільки менінгіт уявляє собою інфекцію поза сечовими шляхами, то для пацієнта зі вказаними показниками згідно до рекомендацій МОЗ необхідно призначити саме цефтазидім, якщо пацієнт не має на нього алергію. Як можна переконатись рекомендацію повертає програма, виключивши всі інші антибіотики та вказуючи на комбінацію з авіабктамом.

Розглянемо приклад пацієнт-орієнтованого пошуку для вагітних пацієнток. Як вже вказано в даній роботі, стандартне лікування певних інфекцій може бути небезпечним для перебігу вагітності, тому існують рекомендації специфіковані для вагітних. На прикладі захворювання токсоплазмозом переглянемо функціонал системи підтримки прийняття рішень. На рисунку (рис. 2.37) зображено загальні рекомендації антибіотиків при токсоплазмозі, включаючи спеціальні випадки. На рисунку (рис. 2.38)



зображено рекомендації, які будуть при пацієнт-орієнтованому пошуку у невагітного пацієнта. Бачимо, що при токсоплазмозі призначають сульфадимідин або сульфадиметоксин.

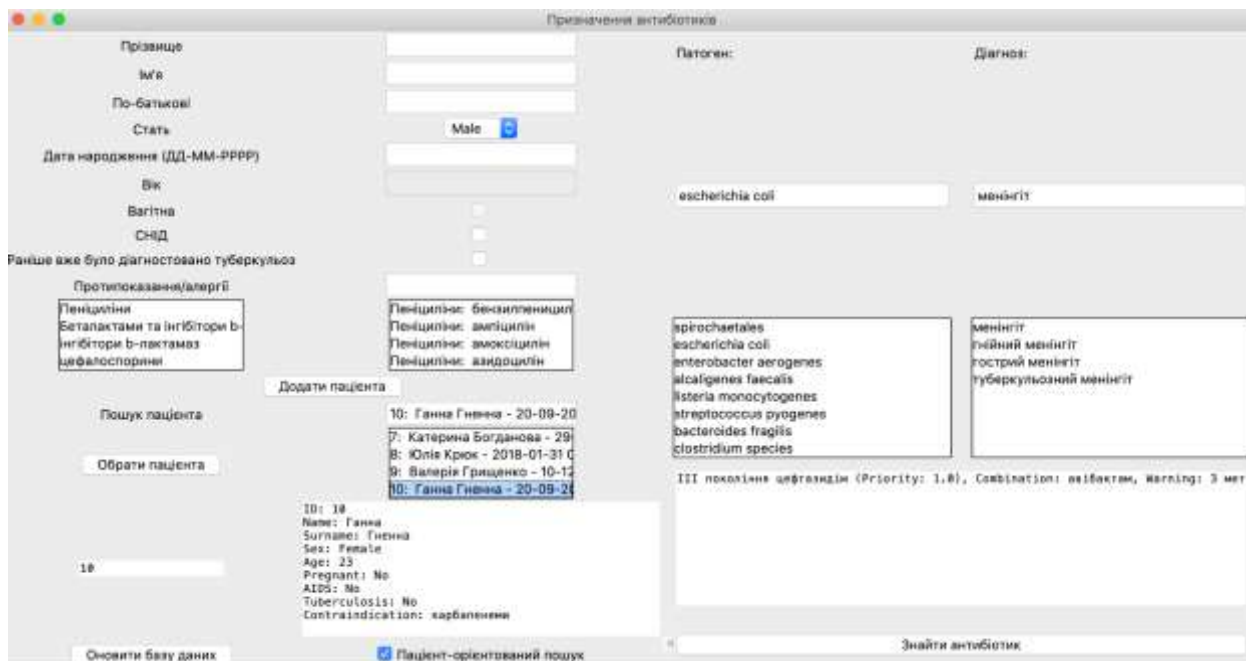


Рисунок 2.36 –Пошук для захворювання менінгітом, викликаного *escherichia coli*, для пацієнта з протипоказаннями до карбапенемів

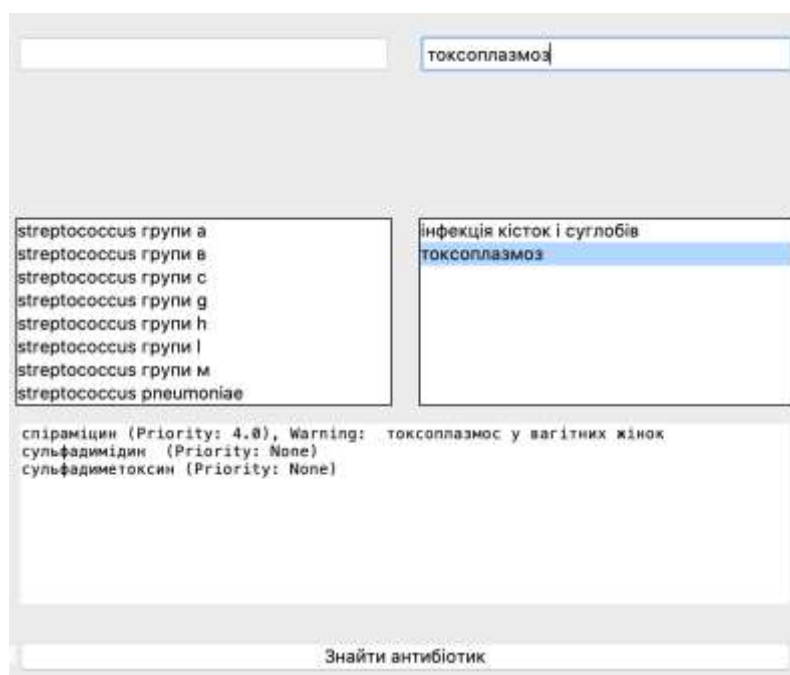


Рисунок 2.37 – Пошук загальних рекомендацій для лікування токсоплазмозу

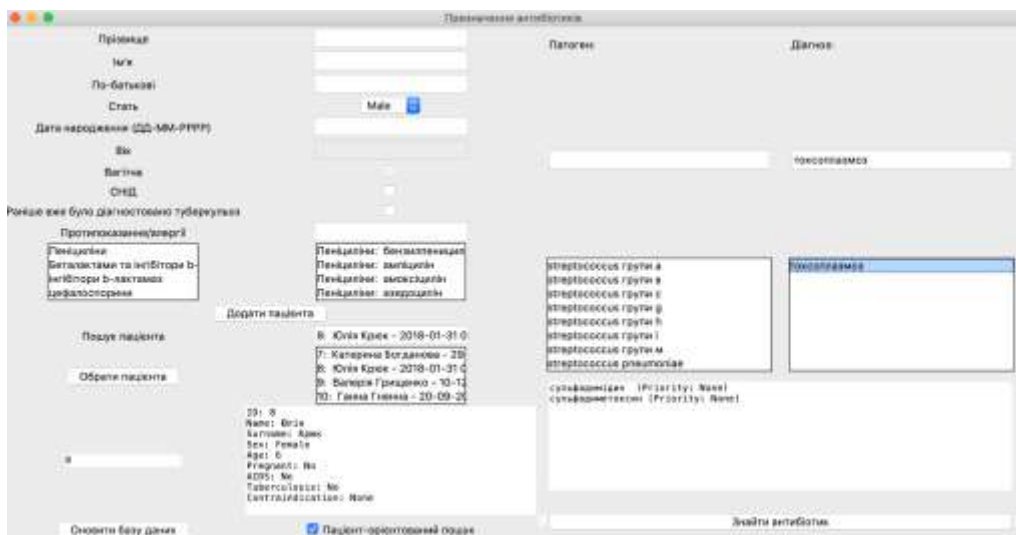


Рисунок 2.38– Пошук рекомендацій для лікування токсоплазмозу у невагітного пацієнта

Оберемо пацієнтку з індексом 2, яка вагітна. Згідно до медичних рекомендацій при токсоплазмозі вагітним бажано призначати спіраміцин. Протестуємо програму для обраної пацієнтки (рис. 2.39). Бачимо, що повертаються лише ті антибіотики, які призначаються для вагітних при токсоплазмозі.

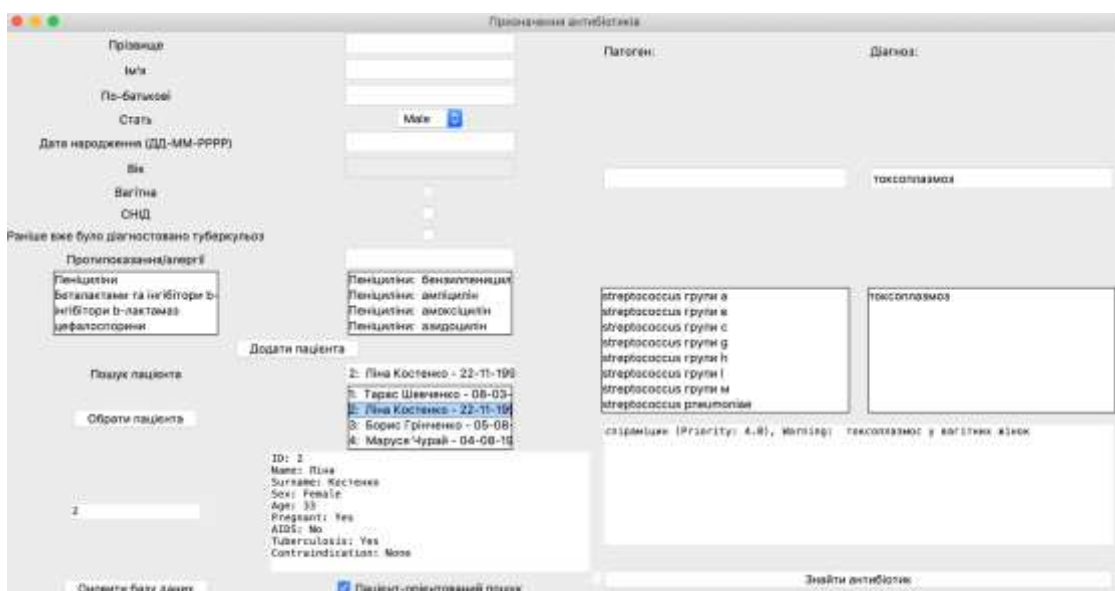


Рисунок 2.39 – Пошук рекомендацій для лікування токсоплазмозу у вагітної пацієнтки

Для демонстрації поведінки системи підтримки прийняття рішень оберемо вагітну пацієнтку з індексом 5 з протипоказанням на стрептоміцин. Тоді за відсутністю можливості прийому антибіотиків-спеціальних рекомендацій програма повертає ліки, які призначаються в загальних випадках, не фокусуючись на спеціальній кондиції пацієнтки (рис. рис.2.40).

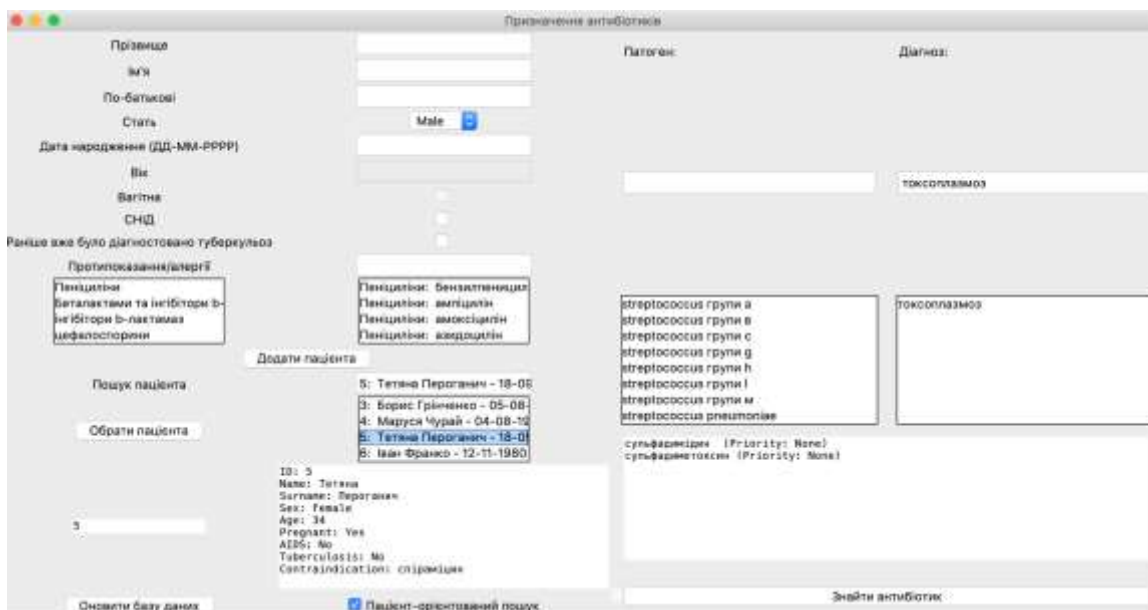


Рисунок 2.40 – Пошук рекомендацій для лікування токсоплазмозу у вагітної пацієнтки з протипоказанням до спіраміцину

Якщо ж оберемо пацієнтку з індексом 4, яка має протипоказання до призначення спіраміцину та сульфамідину, то програма повертатиме лише сульфадиметоксин, адже будь-які інші ліки пацієнт не може приймати (рис. 2.41). Тим самим також продемонстрована здатність програми виключати з рекомендацій ті ліки, на які пацієнт має, наприклад, алергію.

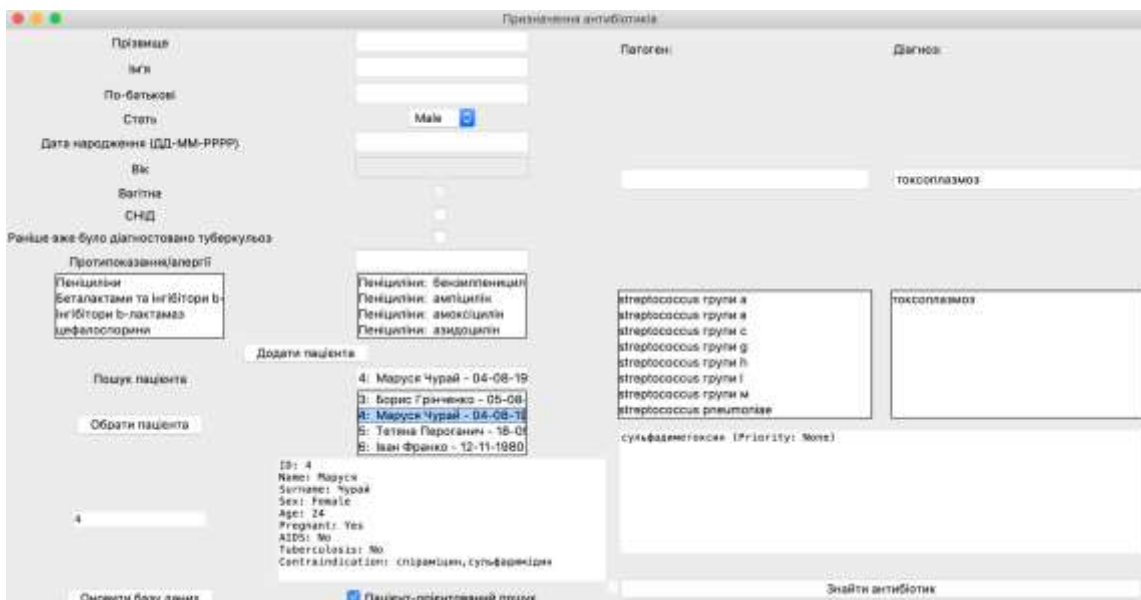


Рисунок 2.41– Пошук рекомендацій для лікування токсоплазмозу у вагітної пацієнтки з протипоказанням до спіраміцину та сульфамідину

Препарати, які рекомендовано призначати для хворих на СНІД або заборонено для них, рекомендуються системою підтримки прийняття рішень за аналогічним принципом, як і для вагітних пацієнток. В якості прикладу на рисунку (рис. 2.42) зображені рекомендації для пацієнтки, яка страждає від пневмонії та має певні протипоказання. На рисунку (рис.2.43) зображено результат програми для пацієнта хворого на пневмонію та СНІД.

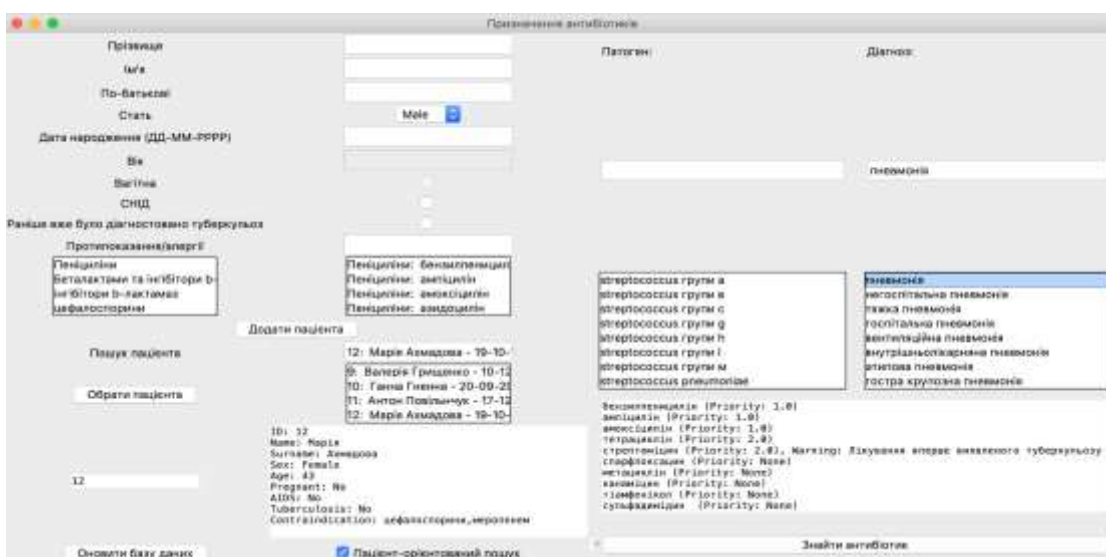


Рисунок 2.42 –Пошук рекомендацій для лікування пневмонії у пацієнтки без СНІДу

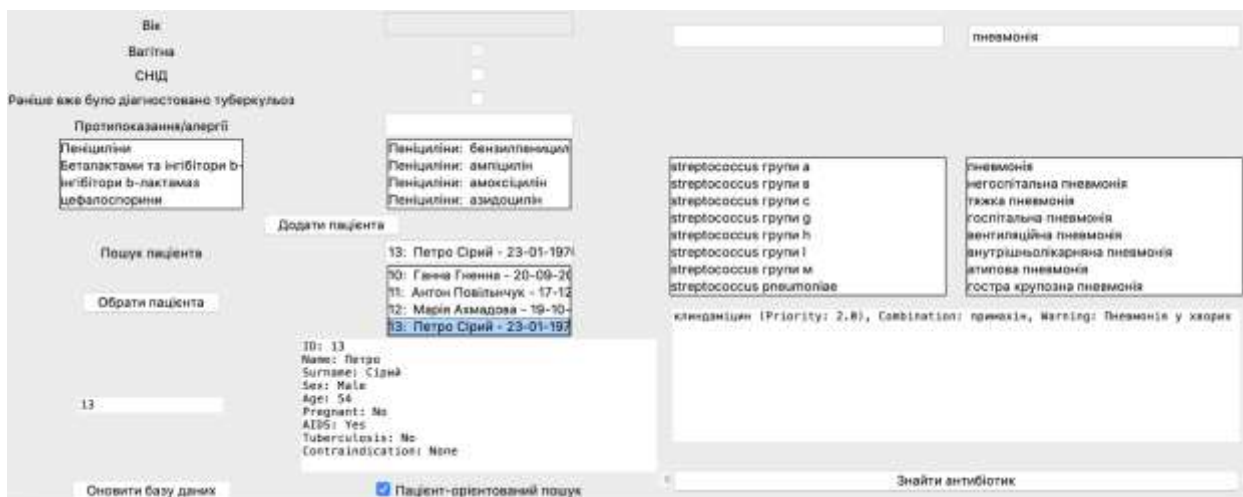


Рисунок 2.43 –Пошук рекомендацій для лікування пневмонії у пацієнта зі СНІДом

Розглянемо рекомендації для пацієнтів, які вперше мають пройти лікування від туберкульозу. Тоді засобом першої лінії терапії є стрептоміцин. Якщо ж пацієнт вже лікувався від туберкульозу, то призначати стрептоміцин не варто. Обравши пацієнта з індексом 6, який хворів туберкульозом, проведемо пошук рекомендованих антибіотиків (рис. 2.44). На рисунку видно, що програма повертає канаміцин та рифампіцин, які мають пусті клітини в стовпчиках *Tuberculosis*, посилаючись на базу даних з антибіотиками. Це значить, що вони не є спеціальною рекомендацією першого лікування туберкульозу.

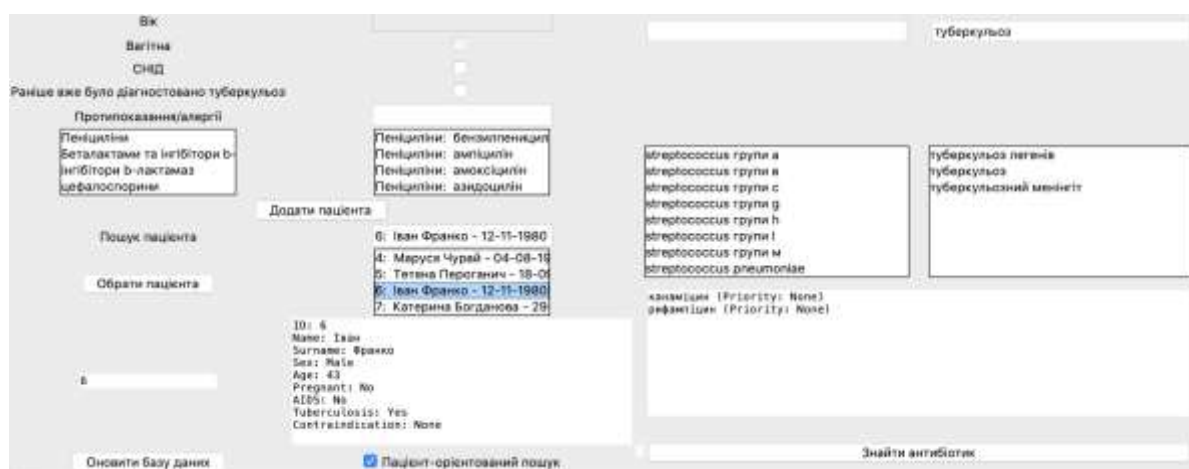


Рисунок 2.44 –Пошук для лікування туберкульозу у пацієнта, який вже проходив від нього лікування

При виборі пацієнта з індексом 1, у якого на відміну від пацієнта 6 вперше виявлений туберкульоз, система підтримки прийняття рішень повертає саме стрептоміцин (рис.2.45).

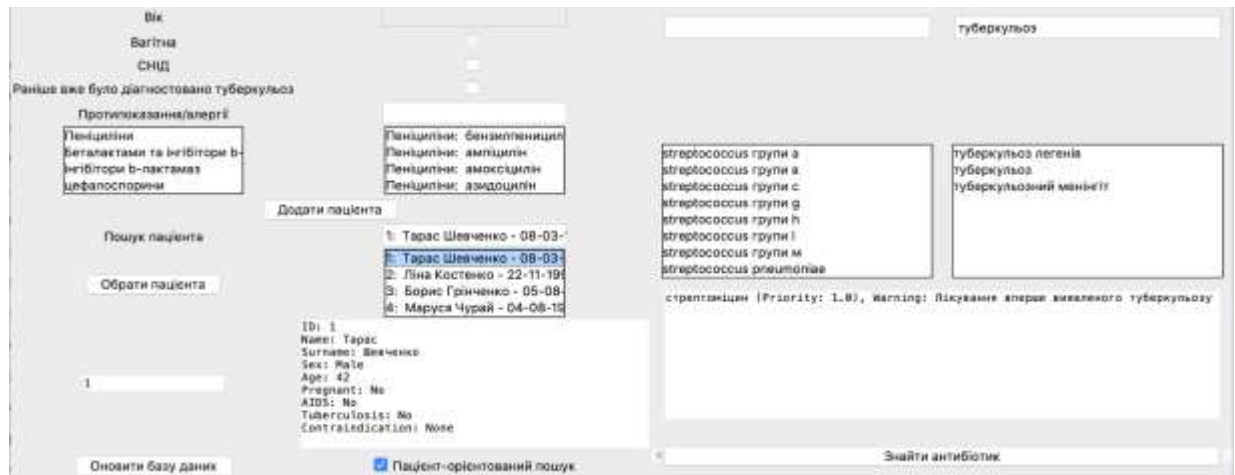


Рисунок 2.45 –Пошук для лікування туберкульозу у пацієнта, який не хворів туберкульозом в минулому

Можуть бути випадки, коли пацієнт, вперше захворівший на туберкульоз, має протипоказання до застосування стрептоміцину: це може бути алергія або несумісність з ліками, які пацієнт приймає в момент пошуку рекомендацій. Така ситуація також передбачена програмою. Для пацієнта з індексом 3, який має саме такі умови, як описано вище, система підтримки прийняття рішень відображає лише неспецифіковані антибіотики, адже проходити лікування антибіотиком для вперше виявленого туберкульозу неможливо (рис.2.46).

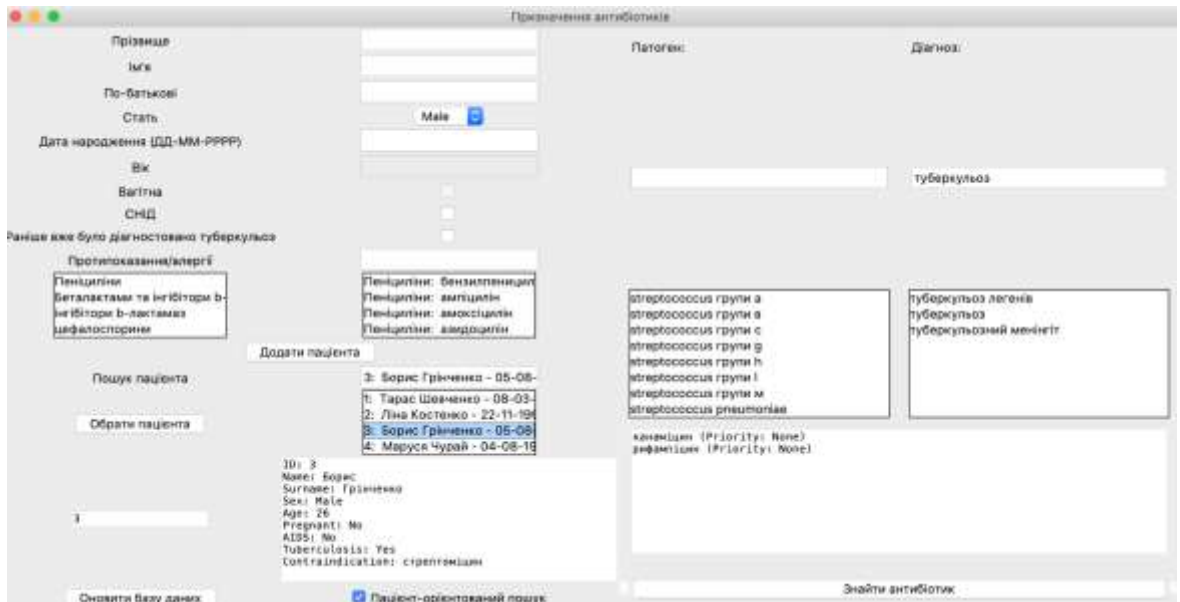


Рисунок 2.46 – Пошук для лікування туберкульозу у пацієнта, який хворів туберкульозом в минулому та має протипоказання до стрептоміцину

## 2.4 Висновки до розділу 2

В даному розділі виконано розробку програмного застосунку для призначення антибактеріальних засобів. Описана логіка роботи спроектованої СППР, зазначені основні переваги побудованої реляційної моделі та її нормалізації. Детально розглянуто основні функціональні можливості розробленої системи та представлено інтерфейс користувача.

Показано, що розроблена система відповідає наступним вимогам: має простий та зручний користувацький інтерфейс; система самостійно проводить аналіз вхідних даних, враховуючи рекомендації МОЗ та повертає перелік ліків, які можливо застосувати, відсортувавши їх у порядку спаду пріоритету; наявний загальний та пацієнт-орієнтований пошук.

Програмний продукт написано на мові програмування Python, з використанням бібліотек tkinter, openpyxl, datetime, sqlite3 та pandas.



## ВИСНОВКИ

В даній роботі була розроблена система підтримки прийняття рішень щодо призначення антибактеріальних засобів для підвищення якості та обґрунтованість їх призначення медичним персоналом.

В першому розділі зазначено, що створення антибіотиків дозволило зробити прорив в лікуванні хвороб, які до цього вважалися невиліковним, тим самим продовживши життя мільйонам людей. Але не дивлячись на безумовну ефективність їх використання при боротьбі з мікроорганізмами, прийом антибіотиків не є таким безневинним, адже пригнічуючи шкідливих мікроорганізмів, антибіотики, також негативно впливають на імунітет організму в цілому.

Статистика Європейського центру з профілактики та контролю захворювань свідчить про збільшення використання антибіотиків широкоспектрального класу та зменшення використання антибіотиків вузького спектру дії. Згідно з даними, резистентність бактерій до традиційних антибіотиків продовжує збільшуватися, що ставить під загрозу ефективність стандартних методів лікування інфекційних захворювань. В Україні показники є найгіршими серед країн Європи.

На виконання наказу Міністерства охорони здоров'я України від 03 серпня 2021 року № 1614 «Про організацію профілактики інфекцій та інфекційного контролю в закладах охорони здоров'я та установах / закладах надання соціальних послуг / соціального захисту населення» було розроблено стандарт для раціонального застосування антибактеріальних та антифунгальних препаратів з лікувальною та профілактичною метою. В даному документі вказано рекомендації та настанови, дотримання яких має сповільнити глобальну резистентність бактерій до даних ліків.

Існує безліч факторів та рекомендацій, заснованих на вже підтверджених фактах, які необхідно пам'ятати лікарю під час призначення антибактеріальних засобів. Тому для розвантаження та прискорення



ефективної діяльності медичного персоналу українських лікарень доцільно було б запровадити систему підтримки прийняття рішень, яка б була адаптовано до реалій сучасної медицини.

Оскільки предметна область, для якої розробляється програма, є доволі специфічною та потребує експертних знань у сфері призначення медикаментів в якості стратегії планування роботи доцільно використовувати водоспадну модель в поєднанні з прототипуванням.

Для створення програмного забезпечення сформульовані функціональні та нефункціональні вимоги до СППР для призначення антибактеріальних засобів.

В другому розділі виконано розробку програмного застосунку для призначення антибактеріальних засобів. Описана логіка роботи спроектованої СППР, зазначені основні переваги побудованої реляційної моделі та її нормалізації. Детально розглянуто основні функціональні можливості розробленої системи та представлено інтерфейс користувача.

Показано, що розроблена система відповідає наступним вимогам: має простий та зручний користувацький інтерфейс; система самостійно проводить аналіз вхідних даних, враховуючи рекомендації МОЗ та повертає перелік ліків, які можливо застосувати, відсортувавши їх у порядку спаду пріоритету; наявний загальний та пацієнт-орієнтований пошук.

Програмний продукт написано на мові програмування Python, з використанням бібліотек tkinter, openpyxl, datetime, sqlite3 та pandas.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Antimicrobial resistance. *World Health Organization (WHO)*.  
URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
2. Syrota S.D. About the problem of prescribing antibiotics for therapeutic purposes [Електронний ресурс] / Syrota S.D., Stanina O.D// Інформаційні технології: теорія і практика. I (VII) міжнародна науково практична конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Інформаційні технології: теорія і практика». Тези доповідей (Дніпро 20 – 22 березня 2024) / М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : Свідлер А.Л., – 2024 – URL: [https://sau.nmu.org.ua/ua/science/conference/ITTP/international/ITTP2024\(Dnipro\).pdf](https://sau.nmu.org.ua/ua/science/conference/ITTP/international/ITTP2024(Dnipro).pdf).
3. European Centre for Disease Prevention and Control. "Downloadable tables: Antimicrobial consumption – Annual Epidemiological Report for 2022", [https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/surveillance-antimicrobial-consumption-europe-2022], 2022
4. A. K. Thabit, K. M. Shea, O. E. Guzman, and K. W. Garey, "Antibiotic utilization within 18 community hospitals in the United States: a 5-year analysis," *Pharmacoepidemiology and Drug Safety*, vol. 30, no. 4, pp. 403–408, 2021
5. T. H. Dellit, R. C. Owens, J. E. McGowan et al., "Infectious diseases society of America and the society for healthcare epidemiology of America guidelines for developing an institutional program to enhance antimicrobial stewardship," *Clinical Infectious Diseases*, vol. 44, no. 2, pp. 159–177, 2007
6. C. C. Lai, C. Y. Wang, C. C. Chu et al., "Correlation between antimicrobial consumption and resistance among *Staphylococcus aureus* and enterococci causing healthcare-associated infections at a university hospital in Taiwan from 2000 to 2009," *European Journal of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, vol. 30, no. 2, pp. 265–271, 2011.

7. H.-H. Wu, H.-Y. Liu, Y.-C. Lin, P.-R. Hsueh, and Y.-J. Lee, "Correlation between levofloxacin consumption and the incidence of nosocomial infections due to fluoroquinolone-resistant *Escherichia coli*," *Journal of Microbiology, Immunology, and Infection*, vol. 49, no. 3, pp. 424–429, 2016.
8. M. McLaughlin, M. R. Advincula, M. Malczynski, C. Qi, M. Bolon, and M. H. Scheetz, "Correlations of antibiotic use and carbapenem resistance in *Enterobacteriaceae*," *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, vol. 57, no. 10, pp. 5131–5133, 2013.
9. Дроговоз С.М., Дроговоз В.В. *Фармакологія Cito!*, Київ: Медична книга, 2022. 236 с.
10. Sanseverino, Isabella & Navarro, Anna & Loos, Robert & Marinov, Dimitar & Lettieri, Teresa. (2018). State of the Art on the Contribution of Water to Antimicrobial Resistance. 10.2760/771124.
11. Rai M., Kon K. *Antibiotic Resistance: Mechanisms and New Antimicrobial Approaches*. Elsevier Science & Technology Books, 2016. 436 p.
12. Ritter J. *A textbook of clinical pharmacology and therapeutics*. 5th ed. London : Hodder Arnold, 2008. 465 p.
13. Merlin C (2020) Reducing the Consumption of Antibiotics: Would That Be Enough to Slow Down the Dissemination of Resistances in the Downstream Environment? *Front. Microbiol.* 11:33. doi: 10.3389/fmicb.2020.00033
14. Міністерство охорони здоров'я України. (2022). Стандарт медичної допомоги: Раціональне застосування антибактеріальних і антифунгальних препаратів з лікувальною та профілактичною метою (Наказ № 823 від 18 травня 2022 року).
15. Прокопенко Н.Ю. Системы поддержки принятия решений на базе Deductor Studio Academic 5.3: учебное пособие / Н.Ю. Прокопенко – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2017. – 188 с.

16. Yi Yang. A Framework for Decision Support Systems Adapted to Uncertain Knowledge, genehmigte Dissertation, geprüft 18.06.2007 von Prof. Dr. Jacques Calmet und Prof. Dr. Pascale Kuntz-Cosperec
17. Holsapple C. W., Burstein F. Handbook on Decision Support Systems 1: Basic Themes. Springer Berlin / Heidelberg, 2016. Chapter 7
18. Python: Empowering Data Science Applications and Research August 2023 *Journal of Operating Systems Development & Trends* 10(1):27-33
19. Overhage JM, McCallie D Jr. Physician Time Spent Using the Electronic Health Record During Outpatient Encounters: A Descriptive Study. *Ann Intern Med.* 2020 Feb 4;172(3):169-174. doi: 10.7326/M18-3684. Epub 2020 Jan 14. Erratum in: *Ann Intern Med.* 2020 Oct 6;173(7):596. PMID: 31931523.
20. Shahmoradi L, Safdari R, Ahmadi H, Zahmatkeshan M. Clinical decision support systems-based interventions to improve medication outcomes: A systematic literature review on features and effects. *Med J Islam Repub Iran.* 2021 Feb 22;35:27. doi: 10.47176/mjiri.35.27. PMID: 34169039; PMCID: PMC8214039
21. Coiera E. Guide to Health Informatics. Taylor & Francis Group, 2015. 710 p.
22. Khairat S, Marc D, Crosby W, Al Sanousi A. Reasons For Physicians Not Adopting Clinical Decision Support Systems: Critical Analysis. *JMIR Med Inform.* 2018 Apr 18;6(2).
23. Durand, C.; Alfandari, S.; Béraud, G.; Tsopra, R.; Lescure, F.-X.; Peiffer-Smadja, N. Clinical Decision Support Systems for Antibiotic Prescribing: An Inventory of Current French Language Tools. *Antibiotics* 2022,11,384.
24. Armando LG, Miglio G, de Cosmo P, et al. Clinical decision support systems to improve drug prescription and therapy optimisation in clinical practice: a scoping review. *BMJ Health Care Inform* 2023;30:e100683. doi:10.1136/
25. Broy M., Kuhrmann M. Einführung in die Softwaretechnik. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2021

26. Ullman & Widom Garcia-Molina. Solutions Manual for Database Systems: The Complete Book, 2nd Edition. pearson, 2009.
27. Amato, Nicola Antonio Roberto. (2023). Mastering database normalization: A comprehensive exploration of normal forms
28. Mohamed Iqbal, Jawid Nazir. (2022). Database Normalization Bias Point (DNBP)
29. Шевченко, Ю. О. (2022). Обробка і аналіз даних з використанням електронних таблиць. Частина I «Обробка даних». <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/162623>
30. Шевченко, Ю. О. (2022). Обробка і аналіз даних з використанням електронних таблиць. Частина II «Аналіз даних та макроси». <https://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/162624>
31. Veronika Lytvynenko. Impact of Data Analytics on Labor Market and Business // Lytvynenko Veronika, Shevchenko Y.O. / Розширюючи обрії: зб. тез XIX міжнар. форуму студ. і молодих учених, 8 – 12 квітня 2024 р., м. Дніпро/ за ред. С. І. Кострицької; М-во освіти і науки України; Дніпровська політехніка. – Д.: ДП, 2024. <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/166899>

## ДОДАТОК А

## Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ з/п	Позначення				Найменування	Кількість аркушів	Примітки		
1									
2					Документація				
3									
4	САУ.КР.24.04.ПЗ				Пояснювальна записка	№1	Формат А4		
5									
6					Демонстраційний матеріал	№2	Презентація на CD-R		
7									
8					Копія роботи	1	Диск CD-R		
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
					САУ.КР.24.04.ДА.ПЗ.				
Змін	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Сирота Софія Дмитрівна			<b>Матеріали кваліфікаційної роботи</b>	Літ.		Аркуш	Аркуші в
К. розд.		Станіна Ольга Дмитрівна							
Керівн.		Станіна Ольга Дмитрівна				НТУ «ДП», 12; 124-203-1			
Н.контр.		Хом'як Тетяна Валеріївна							
Зав. каф.		Желдак Тімур Анатолійович							

**ДОДАТОК Б****Відгук****на кваліфікаційну роботу бакалавра**

студента(ки) групи 124 – 20з – 1  
спеціальності 124 Системний аналіз

Тема кваліфікаційної роботи: \_\_\_\_\_

Обсяг кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ стор.

Мета кваліфікаційної роботи: \_\_\_\_\_

Актуальність теми \_\_\_\_\_

Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з об'єктом діяльності бакалавра спеціальності 124 Системний аналіз, оскільки \_\_\_\_\_

Виконані в кваліфікаційній роботі завдання відповідають вимогам ступеня бакалавра. Оригінальність наукових рішень полягає в \_\_\_\_\_

Практичне значення результатів кваліфікаційної роботи полягає в \_\_\_\_\_

Висновки підтверджують можливість використання результатів роботи в \_\_\_\_\_

Оформлення пояснювальної записки та демонстраційного матеріалу до неї виконано згідно з вимогами. Роботу виконано самостійно, відповідно до завдання та у повному обсязі (*в разі невідповідності – вказати*)

У роботі відзначено такі недоліки: \_\_\_\_\_

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: \_\_\_\_\_

З урахуванням висловлених зауважень автор (не) заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «бакалавр з системного аналізу».

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра,  
науковий ступінь, вчене звання, посада \_\_\_\_\_ / ПІБ

## ДОДАТОК В

### Тези з конференцій

*СЕКЦІЯ 2 Інтелектуальні комп'ютерні системи*

---

UDC 519.8

#### ABOUT THE PROBLEM OF PRESCRIBING ANTIBIOTICS FOR THERAPEUTIC PURPOSES

**Syrota S.D.**, student, syrota.s.d@nmu.one, Dnipro University of Technology  
**Stanina O.D.**, PhD, Associate Professor, stanina.o.d@nmu.one, Dnipro University of Technology

Nowadays, the problem of antibiotics overuse is becoming increasingly widespread. One of the primary threats is antimicrobial resistance (AMR) – the adaptability of bacteria to antibiotics, which complicates the process of patient's healing, increases the percentage of postsurgical complications, and increases mortality. The main cause of antimicrobial resistance occurrence is uncontrolled or inappropriate use of antibiotics. Thus, according to the research in [1], up to 50% of prescribed antibiotics do not meet medical recommendations, which in turn leads to decreased sensitivity of pathogens to medicines. These results are largely due to the inability of medical staff to check current recommendations for antibiotic prescribing quickly and effectively.

A vast number of modern medical decision support systems (MDSS) do not enjoy the trust of medical staff due to their perception of unreliable search algorithms and lack of a clear interface. In addition, existing software, and technical tools (Antimicrobial Stewardship Toolkits, VITEK 2 Systems, MicroScan System, MALDI-TOF MS [2]) are based on microbiological tests (e.g., resistance gene detection) that must be performed to set the initial search parameters. However, in practice, physicians encounter cases when antibiotic therapy should be started before laboratory data is available. In this case, the therapist is no longer able to use a medical DSS but is forced to look for other ways to solve the problem.

Thus, the aim of this paper is to develop a system to support physician's decision-making process on the prescription of antibacterial agents to improve the quality of medical services. An important task that is pursued when developing an application is to make its interface intuitively understandable for medical users who do not have knowledge of database logic. In addition, this decision support system, unlike the existing ones, should function even with a minimum number of laboratory tests, which is well suited for working in resource-limited conditions and for empirical therapy. These criteria meet the needs of physicians, for whom this application is being developed.

In the course of this paper, a DSS was developed that allows a doctor to independently control or update the rules for prescribing medications. By editing the data in the Excel file where the database is stored, the medical expert can add or remove antibiotics to which certain pathogens are sensitive, while the pathogens themselves are also presented in the table in a normalized form. In addition, it is possible to change



the priority of antibiotics and modify special conditions for prescribing them in various cases.

The developed software offers two types of searches: global and patient-oriented. With a global search, the program returns general recommendations to fight a disease and/or a pathogen. Patient-oriented search allows users to make recommendations personalized for patients by filtering medications according to such indicators as pregnancy status, age, allergies/allergic reactions, contraindications, HIV/AIDS, and previous TB disease. The main window of the program is shown in Figure 1.



Figure 1 – Main window of the medical decision support system.

The program is based on SQL queries, but the user does not have direct access to create them. The decision support system «filters» the total set of antibiotics in such a way that in case of contraindications to the recommended drugs for a particular health condition, the DSS will return possible solutions that the doctor will be able to evaluate.

**Conclusion.** The decision support system developed in this paper will help reduce the number of cases of misuse of antibiotics and simplify the analysis of the choice of a drug to fight bacterial infections. The correct choice of antibiotics will reduce the global number of resistant organisms and thus improve the effectiveness of therapy with dangerous drugs.

#### List of references

1. Measuring Outpatient Antibiotic Prescribing. URL: <https://www.cdc.gov/antibiotic-use/data/outpatient-prescribing/index.html>
2. Gajic I, Kabic J, Kekic D, Jovicevic M, Milenkovic M, Mitic Culafic D, Trudic A, Ranin L, Opavski N. Antimicrobial Susceptibility Testing: A Comprehensive Review of Currently Used Methods. *Antibiotics (Basel)*. 2022 Mar 23;11(4):427. doi: 10.3390/antibiotics11040427.

**Рецензія  
на кваліфікаційну роботу бакалавра**

студента(ки) групи 124 – 20з – 1  
спеціальності 124 Системний аналіз

Тема кваліфікаційної роботи:

---

---

---

Обсяг кваліфікаційної роботи: \_\_\_\_\_  
Висновок про відповідність кваліфікаційної роботи завданню та освітньо-професійній програмі спеціальності \_\_\_\_\_

---

---

Загальна характеристика кваліфікаційної роботи, ступінь використання нормативно-методичної літератури та передового досвіду

---

---

---

Позитивні сторони кваліфікаційної роботи:

---

---

---

Основні недоліки кваліфікаційної роботи:

---

---

---

---

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінки: \_\_\_\_\_

З урахуванням висловлених зауважень автор (не) заслуговує присвоєння освітньої кваліфікації «бакалавр з системного аналізу».

Рецензент,

науковий ступінь, вчене звання, посада \_\_\_\_\_ /

ПІБ