

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**МР. ШМ - 05.00.00.000 ПЗ**

**Група ШМ-24-1**

**Васкул Тарас**

**2025**

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

**Факультет інформаційних технологій**

**Кафедра інженерії програмного забезпечення**

**Васкул Тарас Миколайович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 004.9  
(індекс)

## **МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**Онтологічні моделі освітньо-навчальних адаптивних медичних**

**програмних фреймворків**

(назва роботи)

**Інженерія програмного забезпечення**

(назва освітньої програми)

**121 - Інженерія програмного забезпечення**

(шифр і назва спеціальності)

**Васкул Т.М.**

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

**Науковий керівник Яцишин Микола Миколайович, к.т.н., доцент**

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

**Допущено до захисту**

**Завідувач кафедри**

**доц. Бандура В.В.**

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль**

**доц. Вовк Р.Б.**

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

**Івано-Франківськ – 2025**

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

Факультет інформаційних технологій

Кафедра інженерії програмного забезпечення

Освітній рівень магістр

Спеціальність 121 – Інженерія програмного забезпечення

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою

ІПЗ

доц.

В.В. Бандура

“ 04 ” вересня 2025 р.

# ЗАВДАННЯ

## НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

**Васкулу Тарасу Миколайовичу**

(прізвище, ім'я, по-батькові)

**1. Тема магістерської роботи “ Онтологічні моделі освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків”**

керівник проекту (роботи) Яцишин М.М., к.т.н., доцент

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 05 ” листопада 2025 р. № 695/7

**2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15 грудня 2025 р.**

**3. Вихідні дані до проекту (роботи) Теоретичні концепції та формальні моделі побудови та функціонування інформаційних та програмних технологій побудови онтологій**

**4. Зміст розрахунково - пояснювальної записки(перелік питань, які потрібно розробити)**

1. Аналіз предметної області побудови адаптивних медичних програмних фреймворків

2. Системна структура і онтологічні моделі навчальних адаптивних медичних фреймворків

3. Побудова онтологічних моделей для фреймворку

4. Імплементация онтологічних моделей для побудови навчального медичного фреймворку

**5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**

1. Вигляд системи пошуку діагнозу з використанням особистих медичних записів (рис. 1.1)

2. Результат пошуку "breast reconstruction" у системі ВСКOnline (рис. 1.2)

3. Ілюстрація системи рекомендацій контенту (рис. 1.3)

4. Приклад онтології системи навчання пацієнтів (рис. 1.4)

5. Перелік основних вимог до пропонованого фреймворку (рис. 2.2)

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата
Перевірка на плагіат	доц., к.т.н. Вовк Р.Б.	

7. Дата видачі завдання 04 вересня 2025 р.

Керівник \_\_\_\_\_

(підпис)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

(підпис)

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назви етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підбір і вивчення літератури по темі магістерської роботи	15.09.2025	виконано
2	Аналіз предметної області побудови адаптивних медичних програмних фреймворків	29.09.2025	виконано
3	Системна структура і онтологічні моделі навчальних адаптивних медичних фреймворків	15.10.2025	виконано
4	Побудова онтологічних моделей для фреймворку	09.11.2025	виконано
5	Імплементация онтологічних моделей для побудови навчального медичного фреймворку	19.11.2025	виконано
6	Затвердження пояснювальної записки роботи завідувачем кафедри	15.12.2025	виконано

Студент – магістр \_\_\_\_\_

(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

## АНОТАЦІЯ

**Магістерська робота:** 78 с., 30 рис., 4 табл., 39 джерел.

**Тема:** Онтологічні моделі освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків

**Об'єкт дослідження** - процес побудови освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків.

**Предмет дослідження** - онтологічні моделі та методи персоналізації медичної інформації в адаптивних освітньо-навчальних фреймворках.

**Метою роботи:** розробка онтологічних моделей освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків, спрямованих на структурування, персоналізацію та адаптацію медичної інформації.

### **Результати дослідження**

В роботі сформовано онтологію медичних знань на прикладі діабету, що демонструє можливість семантичної інтеграції даних про симптоми, фактори ризику та профілактику.

### **Висновок**

Створено систему правил для агрегації та персоналізації медичного контенту, яка забезпечує адаптивність освітньо-навчального процесу та розроблено методи імплементації онтологічних моделей у програмний фреймворк.

**ОНТОЛОГІЯ, АДАПТИВНИЙ ФРЕЙМВОРК, ОСВІТНЬО-НАВЧАЛЬНА СИСТЕМА, ПЕРСОНАЛІЗАЦІЯ, ПРОФІЛЬ КОРИСТУВАЧА, БАЗА ЗНАНЬ, МЕДИЧНА ІНФОРМАЦІЯ, СЕМАНТИЧНИЙ ПОШУК**

## ABSTRACT

**Master Thesis:** 78 pp., 30 fig., 4 tab., 39 sources.

**Topic:** Ontological models of educational and training adaptive medical software frameworks

**The object of the study** is the process of building educational and training adaptive medical software frameworks.

**The subject of the study** is ontological models and methods of personalization of medical information in adaptive educational and training frameworks.

**The method of work:** development of ontological models of educational and training adaptive medical software frameworks aimed at structuring, personalization and adaptation of medical information.

### **Research results**

The work formed an ontology of medical knowledge on the example of diabetes, which demonstrates the possibility of semantic integration of data on symptoms, risk factors and prevention.

### **Conclusion**

A system of rules for aggregation and personalization of medical content was created, which ensures the adaptability of the educational and training process, and methods for implementing ontological models in the software framework were developed.

**ONTOLOGY, ADAPTIVE FRAMEWORK, EDUCATIONAL AND TRAINING SYSTEM, PERSONALIZATION, USER PROFILE, KNOWLEDGE BASE, MEDICAL INFORMATION, SEMANTIC SEARCH**

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ПОБУДОВИ ОСВІТНЬО- НАВЧАЛЬНИХ АДАПТИВНИХ МЕДИЧНИХ ПРОГРАМНИХ ФРЕЙМВОРКІВ .....	14
1.1. Особливості розробки онтологічної системи для підтримки пацієнтів у пошуку медичної інформації.....	14
1.1.1. Мета та методологія дослідження .....	14
1.1.2. Очікувані результати .....	15
1.2. Взаємодія "пацієнт-лікар" та роль онтологічно-орієнтованих систем у пошуку медичної інформації.....	15
1.2.1. Проблема дослідження .....	16
1.4. Пошук медичної інформації в інтернеті: вплив, якість та особливості поведінки пацієнтів.....	19
1.4.1 Вплив інтернет-інформації на взаємодію "пацієнт-лікар" .....	19
1.4.2. Якість медичної інформації в інтернеті.....	20
1.4.3. Методи пошуку інформації про здоров'я, що використовуються пацієнтами.....	21
1.5. Аналіз систем персоналізації матеріалів про здоров'я для пацієнтів ...	21
1.5.1. Аналіз існуючих систем .....	22
1.5.2. Техніки персоналізації.....	25
Висновки до розділу .....	26
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМНА СТРУКТУРА І ОНТОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ОСВІТНЬО-НАВЧАЛЬНИХ АДАПТИВНИХ МЕДИЧНИХ ФРЕЙМВОРКІВ .....	27
2.1. Ключові компоненти онтологічно-орієнтованого фреймворку .....	27

2.1.1. Фільтрація інформації .....	28
2.1.2. Вилучення інформації .....	29
2.1.3. Формування бази знань .....	29
2.1.4. Створення профілів користувачів .....	30
2.1.5. Відображення інформації .....	30
2.2. Переваги онтологічного підходу до інтеграції медичної інформації та вимоги користувачів до системи .....	30
2.3. Онтологічні моделі для фреймворку .....	33
2.3.1. Архітектура системи .....	34
2.3.2. Двоетапний підхід до побудови моделей .....	35
2.4. Модель профілю користувача .....	35
2.4.1. Специфікація та концептуалізація .....	36
2.4.2. Реалізація .....	37
2.4.3. Структура моделі профілю користувача .....	37
2.5. Модель бази знань .....	39
2.5.1. Опис онтології діабету .....	41
2.5.2. Реалізація онтології .....	41
2.5.3. Властивості класів .....	44
2.6. Взаємозв'язок між моделлю профілю користувача та моделлю бази знань .....	45
Висновки до розділу .....	46

РОЗДІЛ 3. ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ОНТОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ОСВІТНЬО-НАВЧАЛЬНОГО МЕДИЧНОГО ПРОГРАМНОГО ФРЕЙМВОРКУ .....	47
3.1. Структуризація медичної інформації з використанням онтології .....	47
3.2. Онтологічно-орієнтований процес для отримання та вилучення сегментів інформації з веб-сторінок .....	49
3.2.1. Отримання медичних веб-сторінок .....	49
3.2.2. Вилучення сегментів інформації .....	52

3.2.3. Зберігання бази знань .....	54
3.3. Процес ранжування медичної інформації .....	55
3.3.1. Обчислення ваги термінів .....	55
3.3.2. Ранжування порядку сегментів .....	56
3.4. Опис процесу агрегації та персоналізації медичної інформації .....	56
3.5. Проектування та розробка правил для агрегації та персоналізації медичної інформації .....	58
3.5.1. Підхід до розробки правил .....	58
3.5.2. Концепція побудови правил щодо стану здоров'я .....	59
3.5.3. Фактори ризику .....	61
3.5.4. Симптоми та ознаки.....	62
3.6. Реалізація правил для системи .....	63
3.6.1. Правила для виведення балів ризику.....	63
3.6.2. Правила для виведення стану здоров'я .....	65
3.6.3. Правила для виведення факторів ризику.....	65
3.6.4. Правила для виведення симптомів та ознак .....	66
3.7. Реалізація та оцінка освітньо-навчального медичного програмного фреймворку .....	67
3.7.1. Архітектура системи.....	67
3.7.2. Приклад роботи системи .....	68
Висновки до розділу .....	72
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>73</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>75</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

OHSF - Ontology-based Health Self-education System

RQ - Research Question

OWL - Web Ontology Language

STEPPS - System for Tailored Education for Patients and Providers

EMR – Electronic Medical Record – Електронна медична документація

HIS – Health Information System – Система медичної інформації

HIT – Health Information Technology – Технології медичної інформації

ICD – International Classification of Diseases – Міжнародна класифікація  
хвороб

UMLS – Unified Medical Language System – Уніфікована медична мовна  
система

## ВСТУП

### **Актуальність теми.**

Сучасна цифровізація охоплює всі сфери суспільного життя, зокрема медицину та освіту. Зростаючий обсяг медичної інформації в інтернеті створює нові можливості для підвищення обізнаності пацієнтів, проте водночас формує низку викликів, пов'язаних із якістю, достовірністю та адаптивністю такої інформації. У більшості випадків пацієнти стикаються з труднощами під час пошуку, інтерпретації та застосування медичних відомостей на практиці, що може призводити до хибних рішень і негативно впливати на взаємодію з лікарем.

У цьому контексті зростає значення систем, здатних не лише акумулювати медичні знання, а й персоналізувати їх відповідно до потреб користувачів. Одним із найбільш перспективних підходів є використання онтологічних моделей, що забезпечують формалізацію медичних знань, семантичні зв'язки між поняттями та створення умов для адаптивного освітньо-навчального впливу. Розробка освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків на основі онтологій дає змогу інтегрувати знання про захворювання, фактори ризику, симптоми та профілактичні заходи в єдину систему, орієнтовану на індивідуальні потреби пацієнтів.

Таким чином, дослідження у цій сфері є важливим кроком до створення інтелектуальних медичних систем нового покоління, що сприятимуть підвищенню рівня медичної грамотності населення, покращенню якості комунікації «пацієнт–лікар» та оптимізації процесів прийняття рішень у сфері охорони здоров'я.

Актуальність роботи зумовлена кількома факторами. По-перше, у сучасному інформаційному середовищі пацієнти часто керуються даними, отриманими з інтернету, проте рівень їхньої достовірності та релевантності є неоднорідним. Це створює ризики поширення недостовірної інформації та

формування помилкових уявлень про стан здоров'я. По-друге, традиційні системи пошуку медичних даних не забезпечують належної персоналізації, що знижує ефективність освітньо-навчального процесу для пацієнтів із різними рівнями знань і потребами.

По-третє, інтеграція онтологічного підходу у сферу медичної інформатики відкриває нові можливості для структуризації знань, їх формалізації та адаптації до індивідуальних профілів користувачів. Саме онтології дозволяють забезпечити семантичну інтероперабельність, підвищити точність пошуку та створити умови для надання пацієнтам персоналізованих рекомендацій.

Таким чином, розробка онтологічних моделей освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків є актуальним і необхідним завданням, що має не лише теоретичне, а й практичне значення для підвищення ефективності використання медичної інформації у цифровому середовищі.

**Метою роботи** є розробка онтологічних моделей освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків, спрямованих на структуризацію, персоналізацію та адаптацію медичної інформації.

**Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:**

- Провести аналіз предметної області побудови освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків.
- Виявити проблеми та особливості пошуку й використання медичної інформації пацієнтами.
- Сформувати системну архітектуру освітньо-навчального медичного фреймворку на основі онтологічного підходу.
- Розробити онтологічні моделі профілю користувача та бази знань.
- Створити методи та алгоритми імплементації онтологічних моделей у програмному середовищі.
- Реалізувати прототип адаптивного освітньо-навчального медичного програмного фреймворку та оцінити його ефективність.

**Об'єкт дослідження** - процес побудови освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків.

**Предмет дослідження** - онтологічні моделі та методи персоналізації медичної інформації в адаптивних освітньо-навчальних фреймворках.

#### **Методи дослідження**

У роботі застосовано системний аналіз – для виявлення особливостей предметної області; онтологічне моделювання – для побудови формальних структур знань; методи інформаційного пошуку та фільтрації – для обробки медичного контенту; методи семантичної обробки даних – для забезпечення точності та релевантності пошуку; методи персоналізації – для адаптації інформації до індивідуальних характеристик користувача; експериментальне моделювання та програмна реалізація – для перевірки працездатності розробленого фреймворку.

#### **Наукова новизна отриманих результатів**

Запропоновано концептуальну модель освітньо-навчального адаптивного медичного програмного фреймворку, побудованого на основі онтологій. Розроблено модель профілю користувача, яка враховує рівень знань, інтереси, індивідуальні характеристики та стан здоров'я пацієнтів.

#### **Практичне застосування результатів**

Результати дослідження можуть бути використані для створення інтелектуальних медичних інформаційних систем, орієнтованих на пацієнтів і розробки освітньо-навчальних платформ для підвищення медичної грамотності

**Структура магістерської роботи.** Робота складається зі вступу, трьох розділів та висновків. Загальний обсяг роботи становить 78 сторінок, і містить 30 рисунків, 4 таблиці, список використаних джерел із 39 найменувань.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ПОБУДОВИ ОСВІТНЬО-НАВЧАЛЬНИХ АДАПТИВНИХ МЕДИЧНИХ ПРОГРАМНИХ ФРЕЙМВОРКІВ

## 1.1. Особливості розробки онтологічної системи для підтримки пацієнтів у пошуку медичної інформації

На сьогоднішній день пацієнти все частіше шукають медичну інформацію в Інтернеті, що має позитивний вплив на співпрацю між пацієнтом та лікарем. Це сприяє покращенню комунікації, ефективності консультацій, підвищенню задоволеності пацієнтів і заохоченню їх до активної участі у процесі лікування. Одним із найпоширеніших методів є використання пошукових систем, таких як Google або Yahoo, для пошуку інформації про здоров'я. Однак, особи без медичної освіти або ті, хто ще не отримав діагнозу, часто стикаються з труднощами у пошуку релевантної інформації. Існуючі підходи, спрямовані на допомогу пацієнтам, наприклад, інтеграція персональних медичних записів у результати пошуку, адаптація переліку медичних вебсайтів на основі профілю користувача або рекомендація відповідних сторінок, все ще вимагають значних зусиль від пацієнтів для вибору та об'єднання необхідних фрагментів інформації. Це може бути надзвичайно трудомістким і складним процесом для тих, хто не має медичної підготовки.

### *1.1.1. Мета та методологія дослідження*

У цій роботі представлено онтологічно-орієнтовану систему для самоосвіти в галузі охорони здоров'я, яка покликана полегшити пацієнтам доступ до релевантної медичної інформації. Ця система використовує мову онтологій OWL (Web Ontology Language) та мову правил Jena для побудови її основних компонентів: моделі профілю користувача, моделі бази знань та персоналізаційних правил.

Модель профілю користувача визначає інформаційні потреби пацієнта щодо здоров'я.

Модель бази знань анує дані з різних медичних вебсайтів для їх подальшої персоналізації.

Персоналізаційні правила забезпечують відповідність між потребами пацієнтів та релевантною інформацією з бази знань.

### *1.1.2. Очікувані результати*

Основним результатом дослідження є розроблена система, яка допомагає користувачам отримувати актуальну медичну інформацію ще до консультації з лікарем. Було виявлено п'ять ключових способів, якими система сприяє співпраці між пацієнтом та лікарем у первинній медичній допомозі:

1. Надання інформативності: система забезпечує пацієнтів необхідними знаннями.
2. Покращення комунікації: сприяє ефективному спілкуванню між пацієнтами та лікарями.
3. Розширення можливостей пацієнтів: дає їм змогу отримувати відповідну медичну інформацію.
4. Підвищення обізнаності: допомагає пацієнтам усвідомити важливість здоров'я та вдосконалювати свою поведінку.
5. Надання рекомендацій: інформує про належну діяльність та допомагає уникати негативних впливів.

## **1.2. Взаємодія "пацієнт-лікар" та роль онтологічно-орієнтованих систем у пошуку медичної інформації**

Співпраця між пацієнтами та медичними працівниками є критично важливою складовою сучасної системи охорони здоров'я. Позитивна взаємодія сприяє підвищенню прихильності пацієнтів до лікування,

поліпшенню їх задоволеності медичними послугами та загальному покращенню стану здоров'я. Для досягнення позитивних результатів необхідна активна участь обох сторін. Пацієнти, у свою чергу, потребують доступу до знань про власні захворювання, щоб мати змогу брати участь у процесі лікування, наприклад, допомагати в оцінці факторів ризику або обговорювати план лікування. Інтернет є важливим джерелом інформації, що дозволяє пацієнтам отримувати знання про свої медичні проблеми.

Однак, пошук медичної інформації в інтернеті часто є незадовільним. Багато досліджень вказують на труднощі, з якими стикаються люди при спробі знайти релевантну інформацію. Це може бути зумовлено неефективністю пошукових систем, оскільки особи без медичної освіти можуть не знати правильних ключових слів для пошуку. Крім того, широкий діапазон якості медичної інформації в мережі ускладнює ідентифікацію надійних джерел. Часто інформація є неповною, що змушує користувачів шукати її в багатьох джерелах.

Для подолання цих викликів були запропоновані різні підходи. Наприклад, деякі системи використовують персональні медичні записи для адаптації джерел інформації, а інші рекомендують релевантні матеріали на основі ключових слів та профілів користувачів. Однак, більшість цих систем представляють інформацію у вигляді списків джерел, що все ще вимагає від пацієнтів самостійного пошуку та інтеграції фрагментів даних для повноцінного розуміння своєї медичної ситуації. Цей процес може бути особливо складним для осіб без медичної підготовки.

### *1.2.1. Проблема дослідження*

Головною проблемою, що вирішується в рамках цього дослідження, є ідентифікація, вибір та адаптація високоякісної, надійної та релевантної інформації з медичних вебсторінок для задоволення потреб пацієнтів. Складність цього завдання зумовлена різноманітністю структури даних на вебсторінках та унікальними інформаційними потребами кожного пацієнта.

Щоб подолати ці виклики, пропонується використання онтологій для структурування даних та виведення знань. Це дозволяє дослідити, як онтологія може бути використана для реструктуризації інформації з медичних вебсторінок та формування профілів користувачів, з метою створення онтологічно-орієнтованої системи в галузі охорони здоров'я.

Для досягнення поставленої мети необхідно відповісти на два основні питання:

- Як розробити систему для покращення комунікації та співпраці між пацієнтами та медичними працівниками?

- Як запропонований фреймворк покращує комунікацію та співпрацю між пацієнтами та медичними працівниками?

Мета даного дослідження — розробити та оцінити систему, що підтримує агрегацію медичної інформації з численних джерел для її використання пацієнтами перед консультацією з лікарем, з метою покращення співпраці у первинній медичній допомозі.

Для досягнення цієї мети було поставлено три основні завдання:

- Розробити онтологічний підхід, який ідентифікує та відбирає надійну інформацію, витягує її релевантні сегменти та реструктурує відповідно до заздалегідь визначених тем.

- Розробити компоненти системи, використовуючи мову онтологій OWL та мову правил Jena, а також створити прототип системи за допомогою Apache Jena, Java, JSP, HTML5, JavaScript, CSS і MySQL.

Дане дослідження пропонує програмне рішення для пошуку релевантної медичної інформації для осіб без спеціальної підготовки. Запропонована система, заснована на онтологіях та правилах логічного виведення, адаптує інформацію з кількох вебджерел, що може значно покращити співпрацю між пацієнтами та лікарями.

Також дослідження представляє процес ідентифікації, відбору та анотування надійної інформації з медичних вебсторінок, який може бути використаний для збору, управління та реструктуризації даних згідно з

профілем користувача. Крім того, інтеграція існуючих доменних знань та застосування семантичних методів дозволяє надавати пацієнтам інформацію, адаптовану до їхніх конкретних умов.

### **1.3. Співпраця між пацієнтом та медичним працівником**

Співпраця між пацієнтом і медичним працівником під час медичної консультації визначається як "будь-яка ініційована лікарем або пацієнтом поведінка, яка сприяє включенню перспективи пацієнта або його уподобань у медичний план" [31]. Це комплексний процес, що охоплює такі етапи, як створення сприятливої атмосфери, обмін інформацією, її інтеграція, оцінка розуміння, надання рекомендацій, ведення переговорів та прийняття рішень. Важливою умовою для такої участі є обізнаність пацієнта щодо власного здоров'я та захворювання.

Позитивна співпраця "пацієнт-лікар" призводить до покращення результатів лікування. Дослідження [16, 14, 15] підтверджують позитивний вплив такої взаємодії на прихильність пацієнта до лікування, його задоволеність медичними послугами та загальний стан здоров'я. Для досягнення цих результатів необхідна активна участь обох сторін.

Для ефективної участі у процесі прийняття рішень пацієнтам потрібні знання про своє захворювання [31, 18]. Наприклад, в [31] виділили вісім аспектів, у які пацієнти можуть вносити свої знання: створення сприятливої атмосфери, обмін інформацією, інтеграція інформації, оцінка розуміння (через постановку запитань), надання уподобань, участь у переговорах, прийняття остаточного рішення та дотримання плану лікування. В дослідженні [18] співавтори також підкреслюють необхідність участі пацієнтів в оцінці факторів ризику та обговоренні плану профілактики.

Наведені результати свідчать, що система, призначена для підтримки пацієнтів у співпраці з медичними працівниками, повинна допомагати їм:

- Визначати особисті медичні умови (наприклад, фактори ризику, симптоми, ускладнення, спосіб життя).

- Надавати інформацію про раціональні підходи до лікування та догляду (плани профілактики та терапії).

Ці знання є особливо цінними під час консультації, оскільки пацієнти мають обмінюватися інформацією, висловлювати свої уподобання та вести переговори з лікарем [31, 32]. Крім того, з огляду на індивідуальні особливості, такі як рівень медичної грамотності та освітній рівень, система повинна персоналізувати інформацію відповідно до профілю кожного користувача.

#### **1.4. Пошук медичної інформації в інтернеті: вплив, якість та особливості поведінки пацієнтів**

У цьому розділі представлено аналіз трьох ключових аспектів: впливу використання інтернет-інформації про здоров'я на взаємодію "пацієнт-лікар", питання якості цієї інформації та методів її пошуку, що застосовуються пацієнтами.

##### *1.4.1 Вплив інтернет-інформації на взаємодію "пацієнт-лікар"*

Наявність медичної інформації в інтернеті справляє позитивний вплив на взаємовідносини між пацієнтом і лікарем, сприяючи не лише поліпшенню якості медичної допомоги, але й підвищенню ефективності комунікації.

- Підвищення впевненості та комунікації. Дослідження показують, що доступ до інформації дає пацієнтам впевненість у спілкуванні з медичними працівниками. Це дозволяє їм ставити більш релевантні запитання та краще розуміти свій стан здоров'я. Пацієнти, які активно використовують медичні сайти, схильні до більш інтенсивного спілкування з лікарями [34]. Завдяки попередній підготовці пацієнти можуть ефективніше брати участь у консультації.

- Підвищення ефективності консультацій. Інформація з інтернету дозволяє пацієнтам заздалегідь підготувати питання, що робить консультації більш ефективними та цілеспрямованими [33, 35].

- Підвищення задоволеності пацієнтів. У деяких випадках інтернет-інформація стає альтернативним джерелом знань, особливо після незадовільної консультації з лікарем [36]. Пацієнти також використовують її для підтвердження отриманих медичних порад [37].

- Активна роль пацієнта. Інтернет-ресурси заохочують пацієнтів до активної участі у власному лікуванні [38]. Дослідження свідчать про перехід від пасивної до активної моделі управління здоров'ям завдяки доступу до інформації.

#### *1.4.2. Якість медичної інформації в інтернеті*

Якість медичної інформації на вебсайтах є вкрай неоднорідною. Ряд досліджень [25 - 27] вказують на те, що лише невелика частина сайтів відповідає встановленим критеріям надійності, що створює значні ризики для пацієнтів.

Оцінка якості інформації здійснюється за трьома основними підходами:

- Критерії якості. Існують різні набори критеріїв, такі як точність, повнота, читабельність, дизайн, розкриття та посилання. Однак оцінка за цими критеріями може бути складною для пацієнтів без медичної освіти.

- Індикатори якості. Найпопулярнішим індикатором є логотип HONcode, що підтверджує відповідність вебсайту восьми принципам HONcode. Проте ефективність HONcode як універсального показника якості залишається предметом дискусій.

- Інструменти оцінки. Інструмент DISCERN дозволяє споживачам оцінювати якість інформації за 16 питаннями. Дослідження підтверджують його здатність виявляти якісну інформацію.

### *1.4.3. Методи пошуку інформації про здоров'я, що використовуються пацієнтами*

Пацієнти застосовують різні підходи до пошуку інформації, хоча їхня поведінка змінюється з часом. Раніше перевагу надавали некомерційним сайтам [19], тоді як сучасні дослідження свідчать про використання комерційних сайтів та пошукових систем [20].

Пошукові системи, такі як Google, Yahoo! та Bing, є найпоширенішою точкою входу для пацієнтів [21, 22]. Це пояснюється тим, що вони часто повертають високоякісні результати.

Проте, ефективність пошукових систем залежить від правильності пошукових запитів. Пацієнти без медичної освіти часто стикаються з труднощами, оскільки не знають відповідних термінів [24]. Це підтверджується дослідженням, де 58% споживачів вважали знайдену інформацію некорисною або нерелевантною.

Інші виклики включають:

- Формалізація запитів. Особи з недіагностованими захворюваннями можуть вводити запити з помилками або не знати специфічних термінів.
- Неповнота інформації. Багато інтернет-джерел є неповними, що змушує пацієнтів витратити значний час на пошук та інтеграцію інформації з різних джерел.

## **1.5. Аналіз систем персоналізації матеріалів про здоров'я для пацієнтів**

Адаптація інформаційних матеріалів про здоров'я до індивідуального стану пацієнта є критичним фактором для підвищення задоволеності користувачів у медичних інформаційних системах. У цьому розділі представлено критичний огляд існуючих систем і підходів до персоналізації медичної інформації.

### 1.5.1. Аналіз існуючих систем

В [5] запропоновано систему пошуку, що персоналізує джерела медичної інформації, отримані з пошукової системи (рис. 1.1). Ця система адаптує результати пошуку Google на основі даних з особистих медичних карт пацієнтів. Ключові терміни, витягнуті з електронних медичних записів, використовуються для формування пошукового запиту, що спрощує процес пошуку релевантної інформації. Однак такий підхід вимагає від пацієнтів самостійно інтегрувати інформацію з різних джерел для формування цілісного уявлення про свій стан, що може бути трудомістким для людей без медичної освіти.

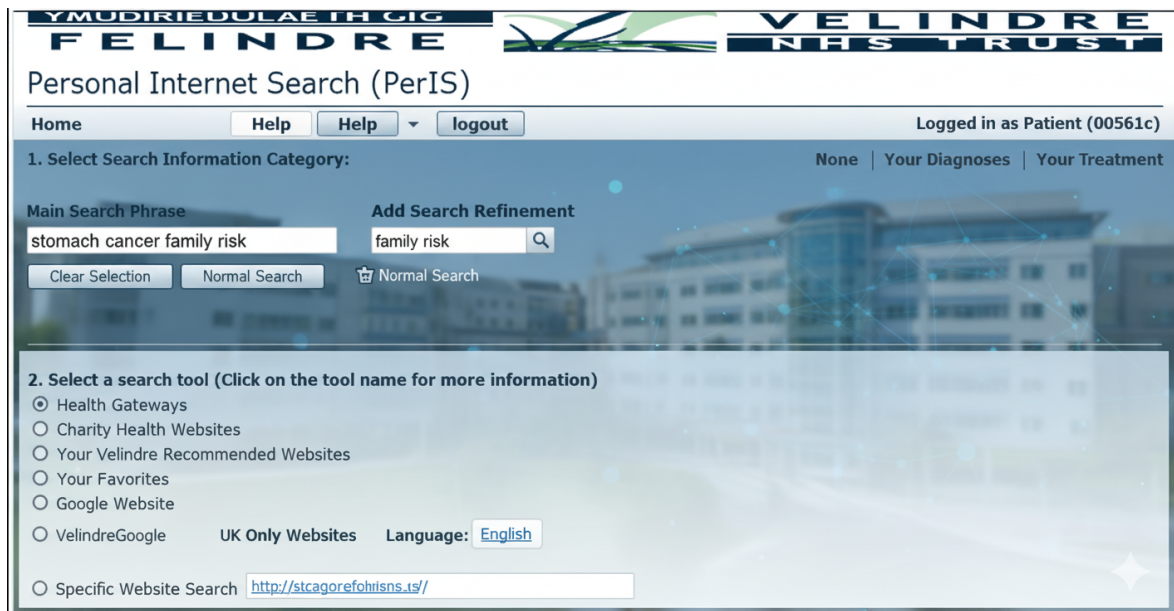


Рис. 1.1. Вигляд системи пошуку діагнозу з використанням особистих медичних записів

Система ВСКOnline [9] була розроблена для адаптації якісних і достовірних веб-сторінок про рак молочної залози на основі інформаційних потреб користувачів. Ці потреби визначаються шляхом аналізу відповідей на анкети. Система надає список релевантних веб-сторінок із коротким описом та оригінальними посиланнями (рис. 1.2). У порівнянні зі стандартними пошуковими системами, цей підхід забезпечує доступ до більш надійної та

цільової інформації [29]. Проте він все ще вимагає від користувача пошуку відповідних фрагментів інформації на кожній сторінці.

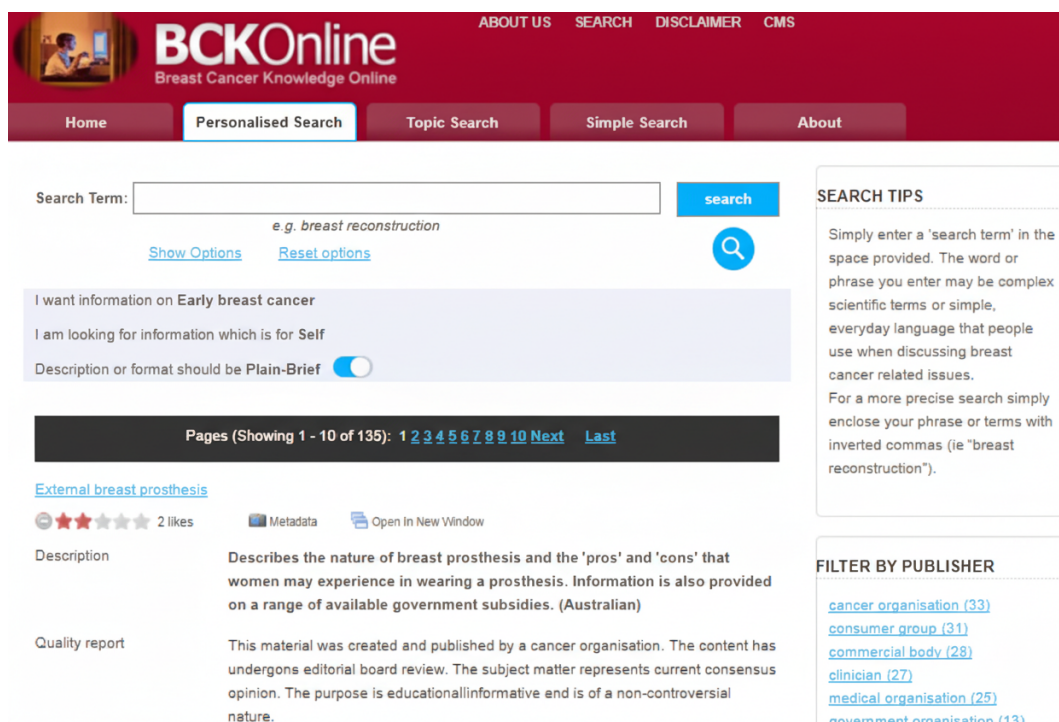


Рис. 1.2. Результат пошуку "breast reconstruction" у системі BCKOnline

Система рекомендацій STEPPS (System for Tailored Education for Patients and Providers) [10] адаптує матеріали з догляду за опіками. Вона використовує електронні медичні записи як профіль користувача для визначення стану здоров'я пацієнта і задіює Метатезаурус UMLS як індексуєчий словник для зв'язку з відповідними структурованими матеріалами. Оцінка системи показала, що вона перевершує пошук за ключовими словами через Google. Система STEPPS є прикладом ефективного використання електронних медичних даних для автоматизованої та персоналізованої підтримки пацієнтів.

В дослідженні [2] розробили систему для рекомендації контенту з різних джерел медичної інформації (рис. 1.3). Вона використовує дані з особистих медичних карт для виділення ключових слів (наприклад,

вагітність, діабет) і застосовує косинусну подібність для визначення релевантності між контентом і ключовими словами.

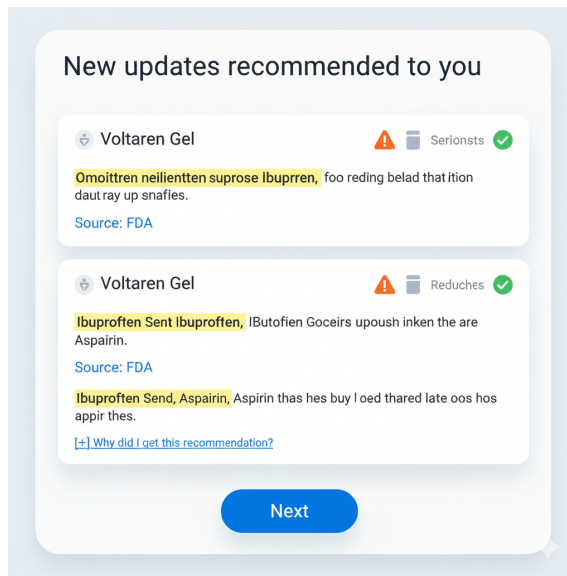


Рис. 1.3. Ілюстрація системи рекомендацій контенту

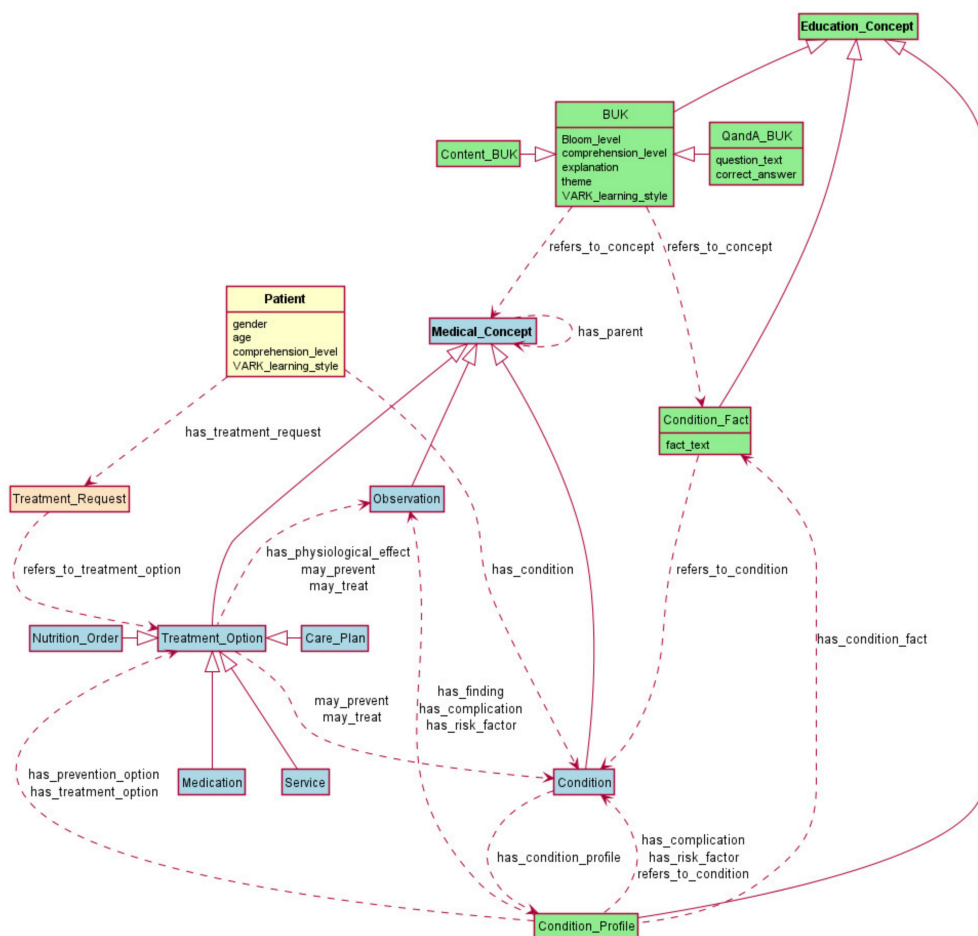


Рис. 1.4. Приклад онтології системи навчання пацієнтів

Були також запропоновані онтологічно-орієнтовані системи для самостійного навчання пацієнтів. В [11] розробили фреймворк, що використовує онтологію OWL та правила на основі SWRL для персоналізації медичної інформації (рис. 1.4). Онтологія OWL моделює базу знань про здоров'я та профілі користувачів, тоді як правила SWRL використовуються для персоналізації. Ця структура є концептуальною, і її ефективність не оцінювалася. Аналогічно, в [12] розробили систему дієтичних консультацій для пацієнтів з хронічною хворобою нирок, використовуючи онтологію OWL для структурування знань і правила SWRL для виведення релевантної інформації.

Загалом, існуючі системи зосереджені на адаптації релевантних джерел інформації для окремих осіб на основі їхнього поточного стану здоров'я. Більшість систем надають інформацію у вигляді списку матеріалів. Хоча такі підходи є ефективнішими за традиційні пошукові системи, вони вимагають від користувачів з обмеженою медичною освітою самостійно знаходити та інтерпретувати необхідні фрагменти інформації в межах кожного матеріалу.

### *1.5.2. Техніки персоналізації*

Для персоналізації медичних матеріалів застосовуються різні підходи, зокрема:

- Міркування на основі прецедентів (Case-Based Reasoning). Цей підхід використовує раніше вирішені випадки для рекомендації рішень у нов[1], порівнюючи подібні випадки за допомогою правил.

- Онтологічно-орієнтована база знань. Цей підхід розглядає онтологію як базу знань для керування медичною інформацією, а правила використовуються для адаптації релевантних даних. В [14] розробили таку концептуальну структуру для пацієнтів з діабетом, але її ефективність не була підтверджена.

Більшість систем, описаних у розділі, застосовують підходи, засновані на порівнянні подібності між інформацією, пов'язаною з користувачем, і

вмістом медичних матеріалів. Наприклад, у системі [1] ключові слова з електронних медичних карт використовуються для пошуку через Google, а в системі [2] порівнюється подібність між ключовими термінами з медичних записів і контентом матеріалів за допомогою косинусної подібності. Система [22] надає релевантні матеріали, порівнюючи пошукові терміни користувача з вмістом матеріалів. Хоча ці методи значно ефективніші за звичайний пошук Google [2], вони мають обмежені можливості для виведення прихованого релевантного контенту. Наприклад, пацієнту з ожирінням може знадобитися інформація про фізичну активність і здорове харчування, що не завжди очевидно з його медичних записів.

### **Висновки до розділу**

У першому розділі здійснено системний аналіз предметної області побудови освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків. Виявлено ключові проблеми, пов'язані з пошуком, достовірністю та якістю медичної інформації в інтернеті, а також вплив цих чинників на взаємодію «пацієнт–лікар». Показано, що онтологічно-орієнтовані системи здатні виступати ефективним інструментом підтримки пацієнтів у доступі до знань, зменшуючи інформаційні ризики та сприяючи персоналізації освітнього процесу. Окреслено необхідність створення моделей, які поєднують медичний контент, поведінкові особливості користувачів та механізми адаптації інформації.

## **РОЗДІЛ 2. СИСТЕМНА СТРУКТУРА І ОНТОЛОГІЧНІ МОДЕЛІ ОСВІТНЬО-НАВЧАЛЬНИХ АДАПТИВНИХ МЕДИЧНИХ ФРЕЙМВОРКІВ**

### **2.1. Ключові компоненти онтологічно-орієнтованого фреймворку**

У цьому розділі представлена системна структура, яка отримала назву Онтологічно-орієнтований фреймворк для навчання в охороні здоров'я. Її призначення — інтеграція та персоналізація медичної інформації з різноманітних джерел. Метою розробки є надання індивідуалізованої медичної інформації, що дозволяє пацієнтам ефективніше підготуватися до консультації з медичними фахівцями.

Інтернет є важливим джерелом медичної інформації, що сприяє підвищенню рівня обізнаності та прийняттю рішень у сфері охорони здоров'я. Користувачі часто звертаються до загальнодоступних пошукових систем, таких як Google, Yahoo, або спеціалізованих ресурсів, як MedlinePlus. Однак це призводить до значного інформаційного перевантаження, що ускладнює, наприклад, інтеграцію даних про різні методи лікування для прийняття обґрунтованих рішень.

Для вирішення цієї проблеми пропонується фреймворк, що забезпечує інтеграцію та персоналізацію медичної інформації з множинних джерел. Це сприяє ефективній співпраці пацієнтів з медичними працівниками. У рамках фреймворки медична інформація з різних джерел напівавтоматично збирається, реструктурується в тематичні блоки та формує базу знань, керовану онтологією. Ця база знань, у поєднанні з правилами, використовується для адаптації інформації, що пояснює стан здоров'я користувача. Хоча в даному дослідженні фокусом є цукровий діабет 2-го типу, фреймворк може бути адаптований і для інших медичних галузей.

Ключові компоненти представлені на рис. 2.1. Джерела медичної інформації збираються через API Google та обробляються модулем фільтрації

інформації для відбору стандартизованих ресурсів. Потім модуль вилучення інформації ідентифікує та витягує релевантні дані.

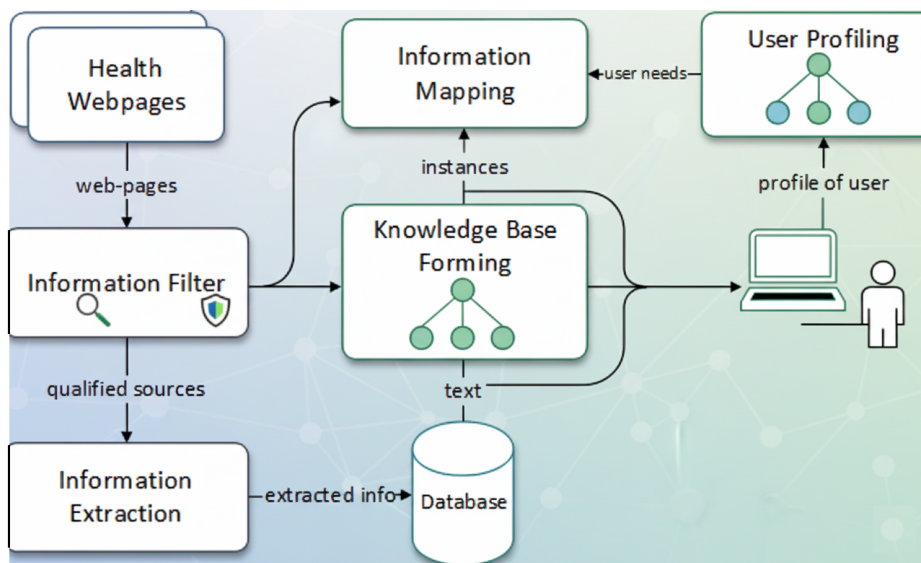


Рис. 2.1. Алгоритмічна схема фреймворку, що базується на знаннях, який інтегрує матеріали медичної інформації для підтримки обізнаності осіб про здоров'я

Витягнута інформація обробляється та реструктурується модулем формування бази знань. На основі потреб користувача, визначених модулем профілювання користувачів, модуль відображення інформації застосовує правила для персоналізації та подання відповідних даних користувачеві.

Нижче наведено детальний опис функціональних можливостей кожного компонента в межах фреймворку.

### 2.1.1. Фільтрація інформації

Оскільки Інтернет містить значний обсяг неперевіреного медичного контенту, модуль фільтрації інформації призначений для відбору лише сертифікованих, високоякісних джерел. Метою є отримання достовірної інформації про профілактику діабету. Обробляється лише текстова інформація.

Процес фільтрації складається з двох етапів:

1. Пошук джерел. За допомогою пошукових термінів, що базуються на мітках класів онтології, визначаються URL-адреси потенційних джерел.

2. Оцінка якості: Перевіряється наявність у джерела знака якості, зокрема аналізується HTML-синтаксис веб-сторінки для виявлення відповідного тегу. Деталі реалізації модуля буде подано в наступному розділі.

### *2.1.2. Вилучення інформації*

Модуль вилучення інформації призначений для вилучення медичної інформації з веб-сторінок, відібраних модулем фільтрації, з метою формування бази знань про діабет. Інформація на веб-сторінках може стосуватися різних підтем, тому для її подальшої адаптації до потреб користувачів вона розділяється та класифікується.

Процес вилучення складається з двох етапів:

1. Вилучення основного тексту. Витягуються ключові текстові блоки (наприклад, абзаци), що складають основний зміст веб-сторінки.

2. Зберігання: Витягнутий текст зберігається в базі даних для подальшої класифікації та формування бази знань, а також для відображення користувачам.

### *2.1.3. Формування бази знань*

Цей компонент відповідає за створення бази знань, керованої онтологією, з вилученої інформації. Мета — класифікувати інформацію в тематичні класи онтології, створюючи екземпляри класів. Це дозволяє застосовувати правила для адаптації та відображення інформації згідно з конкретними потребами користувача. Для класифікації використовується векторно-просторова модель, яка є ефективним підходом для онтологічно-орієнтованого пошуку інформації.

Процес формування бази знань складається з двох етапів:

1. Розробка онтологічної моделі. Створюється модель, що дозволяє зберігати та отримувати релевантну інформацію про цукровий діабет 2-го типу.

2. Класифікація інформації: Вилучена інформація (наприклад, група абзаців) класифікується за темами моделі на основі ваги, обчисленої за допомогою векторно-просторової моделі.

#### *2.1.4. Створення профілів користувачів*

Метою профілювання користувачів є створення їхніх профілів за допомогою онтології для визначення інформаційних потреб. Це є критично важливим для персоналізації інформації. Профіль користувача формується онтологічно-орієнтованим підходом, де кожна властивість онтології представляє певну характеристику користувача. Цей підхід дозволяє використовувати правила для відображення інформації з бази знань на конкретні потреби. Модель профілювання розроблена на основі аналізу літератури та експертних консультацій для забезпечення комплексного виявлення інформаційних потреб у конкретній галузі (наприклад, діабеті).

#### *2.1.5. Відображення інформації*

Модуль відображення інформації реалізує персоналізацію медичної інформації. Він відповідає за відображення даних з бази знань на профіль користувача, використовуючи спеціально визначені правила. Ці правила були розроблені на основі клінічних рекомендацій і рецензовані клінічними експертами для забезпечення високої надійності.

## **2.2. Переваги онтологічного підходу до інтеграції медичної інформації та вимоги користувачів до системи**

Використання онтологічного підходу для інтеграції медичної інформації з різноманітних джерел має численні переваги.

По-перше, онтологія дозволяє реструктурувати інформацію з різних джерел у чіткі, тематичні категорії. Ця можливість є критично важливою для персоналізації інформації, оскільки кожен вихідний ресурс може містити фрагменти, які стосуються різних аспектів здоров'я. Розділення цих фрагментів на окремі, визначені темою підмножини дозволяє надавати користувачам лише ту інформацію, яка безпосередньо відповідає їхнім конкретним потребам.

По-друге, інтеграція медичних даних з кількох джерел в єдину онтологічну структуру сприяє формуванню більш повного та всебічного уявлення про стан здоров'я. Багато існуючих онлайн-ресурсів є неповними [27] і не можуть надати вичерпну інформацію для задоволення індивідуальних запитів. Онтологічний підхід вирішує цю проблему, об'єднуючи розрізнені дані в цілісні інформаційні блоки.

По-третє, онтологія володіє здатністю до виведення нових знань на основі існуючих даних. Це означає, що система може не лише знаходити, а й виводити релевантну інформацію в межах відповідних концепцій, що допомагає задовольнити інформаційні потреби користувачів, навіть якщо ці знання не були експліцитно представлені у вихідних джерелах.

Тепер розглянемо ключові вимоги до системи, призначеної для надання медичної інформації, що сприятиме більш ефективній співпраці між пацієнтами та медичними фахівцями. Вимоги були сформульовані на основі аналізу літератури, що дозволило виявити обмеження поточних підходів і запропонувати нові критерії для задоволення потреб користувачів.

Як було зазначено, існуючі системи мають низку обмежень, які ускладнюють для користувачів пошук релевантної медичної інформації. Ці обмеження можна узагальнити таким чином:

- **Різноманітність якості інформації.** Онлайн-ресурси містять інформацію різної якості, що створює труднощі для користувачів без медичної освіти при пошуку достовірних джерел.

- Відсутність відповідних пошукових термінів. Користувачі часто не знають, які пошукові запити використовувати, щоб знайти інформацію, що відповідає їхньому стану [24]. Це може бути спричинено відсутністю навичок пошуку (наприклад, використання булевих операторів) або низьким рівнем освіти.

- Труднощі з формулюванням запитів. Особи без медичної освіти або ті, хто перебуває в групі ризику, але ще не мають діагнозу, стикаються з проблемами при формулюванні запитів. Вони можуть допускати орфографічні помилки або не знати специфічних термінів, пов'язаних із симптомами чи факторами ризику конкретного захворювання.

- Фрагментованість інформації. Багато онлайн-джерел є неповними, що ускладнює отримання комплексного уявлення про свій стан здоров'я. Користувачам доводиться збирати інформацію з різних джерел, що є трудомістким процесом.



Рис. 2.2. Перелік основних вимог до пропонованого фреймворку

На основі цих обмежень були сформульовані наступні вимоги до системи (рис. 2.2):

- Надання якісних джерел. Система повинна фільтрувати та надавати доступ лише до достовірної медичної інформації.

- Полегшення пошуку. Система має спростити процес пошуку, допомагаючи користувачам знаходити релевантні матеріали.

- Персоналізація. Система повинна адаптувати медичну інформацію відповідно до індивідуальних потреб користувача.
- Стисле представлення інформації. Система має надавати стислу та релевантну інформацію, яка відповідає особистому стану здоров'я користувача.
- Інтеграція інформації. Система повинна інтегрувати дані з різних джерел для надання повного уявлення про стан здоров'я користувача.

### **2.3. Онтологічні моделі для фреймворку**

У цьому розділі представлено розробку ключових компонентів системної структури фреймворку. Ці компоненти — модель профілю користувача та модель бази знань — спрямовані на інтеграцію та персоналізацію медичної інформації для покращення взаємодії між пацієнтами та медичними фахівцями.

Онлайн-ресурси є важливим джерелом медичної інформації, що дозволяє пацієнтам підвищувати рівень обізнаності про власне здоров'я. Доступ до такої інформації сприяє покращенню комунікації між пацієнтами та медичними працівниками [33], підвищенню ефективності обміну даними та формуванню більш активної ролі пацієнта в процесі лікування.

Сучасні дослідження пропонують різноманітні підходи для допомоги користувачам у пошуку релевантної медичної інформації. До них належать:

- Персоналізація результатів пошуку. Системи адаптують результати пошукових систем на основі особистих медичних записів [28].
- Рекомендація матеріалів. Рекомендація медичних матеріалів на основі аналізу медичних записів пацієнта [30].
- Репозиторії якісних джерел. Створення сховищ достовірної медичної інформації з подальшою її персоналізацією на основі ключових слів від користувача [29].

Більшість із зазначених рішень надають медичну інформацію у вигляді списків веб-сторінок або матеріалів, що вимагає від користувачів самостійно шукати та інтегрувати фрагменти інформації з різних джерел. Це може бути значним обмеженням, особливо для осіб без медичної освіти. Отже, виникає потреба в підході, який здатен інтегрувати релевантні підмножини інформації та адаптувати їх відповідно до потреб пацієнта. Це вимагає використання інструментів, що можуть виводити знання для ідентифікації потреб користувача та подальшої адаптації інформації.

Онтології є ефективним інструментом для виведення знань та управління даними, особливо в медичній сфері, де потрібна здатність до логічного виведення. Онтології були успішно застосовані для:

- Підтримки прийняття рішень. Створення інтелектуальних інструментів для підтримки комунікації під час масових заходів.
- Управління профілями користувачів. Розробка моделей профілів для телемоніторингу пацієнтів удома [6].
- Створення консультаційних систем. Розробка інструменту для консультацій щодо хронічних захворювань нирок [11].

Ці приклади підтверджують, що онтології є раціональним рішенням для виведення нових знань.

### *2.3.1. Архітектура системи*

У цьому розділі ми пропонуємо онтологічний підхід для побудови основних компонентів системи. Ці компоненти розроблені як онтології, що базуються на існуючих знаннях у медичній сфері. Використання онтологій дозволяє не лише управляти даними, а й застосовувати методи виведення знань, розроблені в рамках семантичного вебу. Зокрема, модель профілю користувача призначена для ідентифікації інформаційних потреб, а модель бази знань — для управління анотованою інформацією з медичних веб-сторінок та її зв'язку з профілем користувача. На рисунку 2.2 ілюструється, як ці моделі використовуються в пропонованому фреймворку.

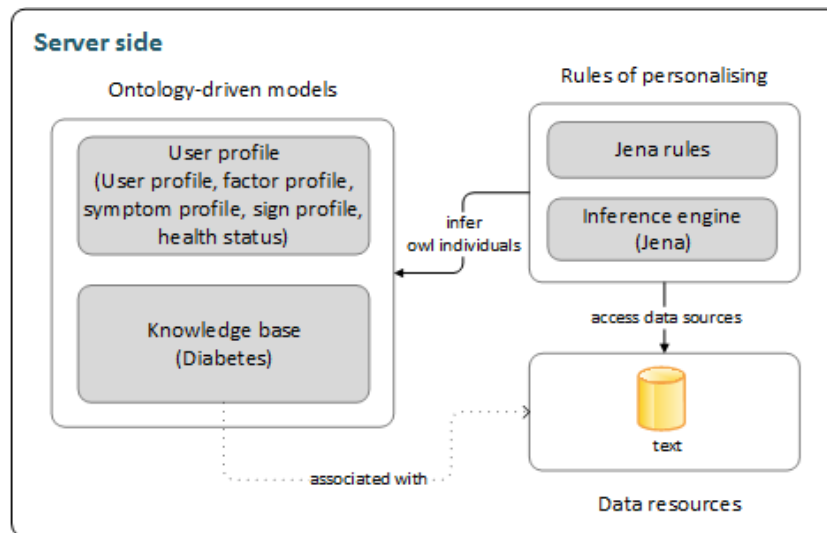


Рис. 2.2. Огляд архітектури системи

### 2.3.2. Двоетапний підхід до побудови моделей

Для розробки моделей застосовується двоетапний підхід [6, 7], що включає:

- Специфікація та концептуалізація. На цьому етапі визначаються специфікації та концептуальні основи моделей. Методи аналізу документів та фокус-групи з клінічними експертами використовуються для формування ідей онтології, словника, визначення предметної області, а також концепцій і взаємозв'язків.

- Реалізація моделі. На цьому етапі моделі реалізуються мовою OWL (Web Ontology Language). За допомогою інструмента Protégé створюються класи та властивості OWL.

Цей підхід дозволяє залучати експертів у галузі охорони здоров'я до процесу проектування, що забезпечує своєчасний перегляд і корекцію компонентів. Деталі цих етапів будуть розглянуті в наступних розділах.

## 2.4. Модель профілю користувача

Модель профілю користувача (User Profile Model) розроблена для створення профілів, які дозволяють персоналізувати медичну інформацію в

рамках фреймворку. Вона призначена для ідентифікації індивідуальних медичних станів, що сприяє адаптації релевантної інформації з метою покращення обізнаності пацієнта та його співпраці з медичними працівниками. Структура моделі дозволяє управляти такими персональними характеристиками, як вік, стать та історія хвороби.

Розробка моделі профілю користувача здійснювалася за двоетапним підходом, як показано на рисунку 2.3: спочатку проводилася специфікація та концептуалізація, а потім — реалізація мовою OWL.

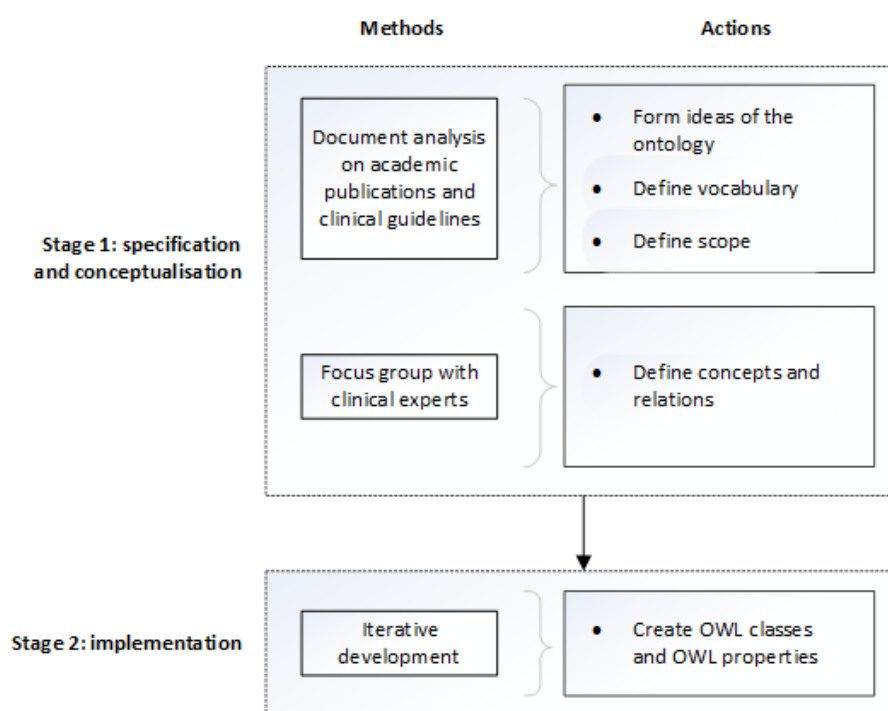


Рис. 2.3. Етапи розробки онтології

#### 2.4.1. Специфікація та концептуалізація

Метою цього етапу було визначення предметної області, концепцій та словника моделі. Для цього використовувалися два основні методи: аналіз документів та фокус-група з клінічними експертами в галузі діабету. Аналіз документів забезпечив ідеї, концепції та термінологію для моделі.

Аналіз документів включав такі джерела, як AUSDRISK — інструмент оцінки ризику діабету 2-го типу [16], клінічні керівництва з ведення діабету в загальній практиці [13] та національні доказові керівництва з виявлення та

діагностики діабету 2-го типу [20]. На основі аналізу було сформовано список компетентнісних питань, які визначали область застосування та специфічні характеристики моделі:

- Які клінічні фактори використовуються для виявлення ризику розвитку діабету 2-го типу?
- Які клінічні симптоми вказують на діабет 2-го типу?
- Які клінічні ознаки допомагають ідентифікувати інсулінорезистентність?
- Як діагностується діабет 2-го типу?
- Які існують рівні ризику діабету 2-го типу?

#### 2.4.2. Реалізація

Модель профілю користувача була реалізована за допомогою мови OWL DL (Web Ontology Language Description Logics), яка підтримує виразність для систем виведення [121]. Для створення та редагування класів, властивостей та екземплярів моделі використовувався редактор Protégé 5.2.0.

#### 2.4.3. Структура моделі профілю користувача

Модель профілю користувача складається з п'яти основних концепцій: Профіль користувача, Профіль факторів, Профіль симптомів, Профіль ознак та Стан здоров'я. Вони представлені відповідними OWL-класами: *UserProfile*, *FactorProfile*, *SymptomProfile*, *SignProfile* та *HealthStatus*. Клас *UserProfile* є кореневим, а інші класи є його дочірніми та пов'язані з ним за допомогою об'єктних властивостей (рис. 2.4).

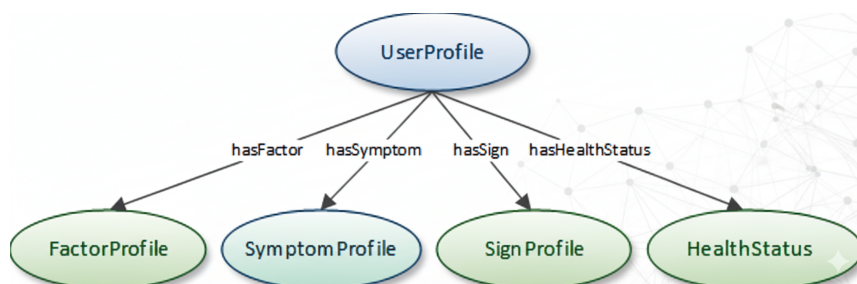


Рис. 2.4. Загальна концепція моделі профілю користувача

### *Клас FactorProfile*

Цей клас управляє особистими факторами, що використовуються для оцінки ризику діабету. Його властивості даних базуються на моделі AUSDRISK [22], яка є стандартною для оцінки 5-річного ризику діабету.

Тверджені властивості: 10 властивостей, включаючи `hasAge`, `hasGender`, `hasEthnicBackground`, `hasSmoking`, `hasFamilyHistory` тощо, управляють демографічними та анамнестичними даними.

Виведені властивості: 10 властивостей, таких як `hasBMI` та `hasRiskPointAge`, призначені для обчислення балів ризику на основі моделі AUSDRISK. Значення цих властивостей виводяться за допомогою правил Jena.

Додаткові властивості: Властивості `hasCardiovascularDisease`, `hasAntipsychoticDrug`, `hasGestationalDiabetes` та `hasPolycysticOvarySyndrome` були додані на основі клінічних керівництв для врахування інших факторів, що впливають на ризик.

### *Клас SymptomProfile*

Цей клас управляє симптомами, які можуть вказувати на діабет. Властивості розроблені на основі клінічного керівництва [23] і дозволяють адаптувати інформацію відповідно до індивідуальних симптомів. Наприклад, якщо у користувача є симптом "розмитий зір", система може надати інформацію про зв'язок цього симптому з діабетом.

Властивості: 8 властивостей, таких як `hasLethargy`, `hasPolyuria`, `hasPolydipsia` та `hasBlurredVision`, призначені для управління відповідними симптомами. Значення цих властивостей оцінюються за допомогою правил Jena.

### *Клас SignProfile*

Клас `SignProfile` розроблений для виявлення клінічних ознак інсулінорезистентності. Властивості також базуються на клінічному

керівництві і дозволяють адаптувати інформацію на основі фізичних ознак пацієнта. Наприклад, наявність шкірних міток може спричинити надання інформації про їх зв'язок з діабетом.

Властивості: 4 властивості, включаючи `hasAcanthosisNigricans`, `hasSkinTag`, `hasCentralObesity` та `hasHirsutism`, описують відповідні ознаки.

### *Клас HealthStatus*

Цей клас призначений для опису загального стану здоров'я користувача на основі сукупних балів ризику. Стан здоров'я визначається підрахунком балів ризику, наприклад, "високий ризик" відповідає діапазону балів від 16 до 19. Це дозволяє адаптувати інформацію на основі загальної оцінки ризику.

Властивості: Три властивості, `hasRiskDescription`, `maxPoint` та `minPoint`, використовуються для опису стану ризику.

Екземпляри: Створено 6 екземплярів, що описують потенційні стани здоров'я, такі як "низький ризик", "проміжний ризик" та "високий ризик", на основі (рис. 2.5).

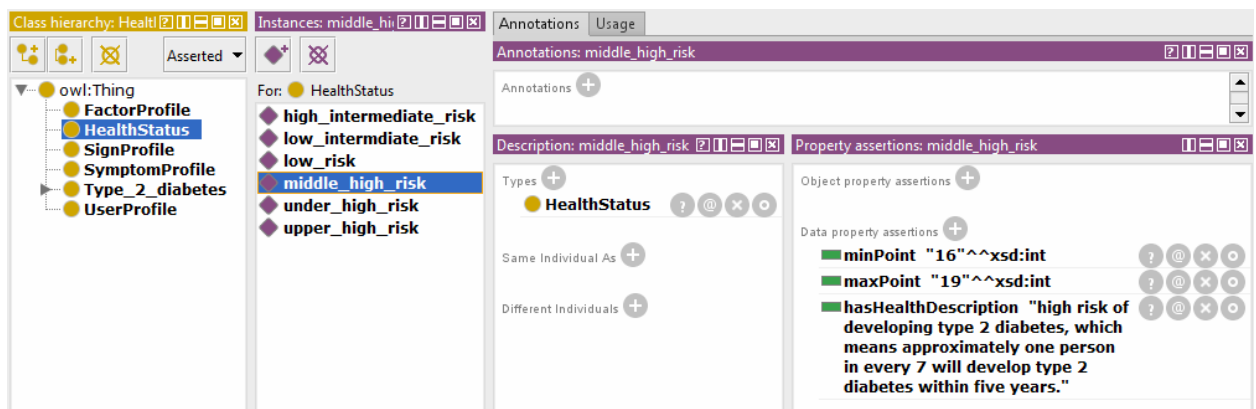


Рис. 2.5. Частина екземплярів класу HealthStatus

## 2.5. Модель бази знань

Модель бази знань (Knowledge Base Model) розроблена для управління анотованою медичною інформацією з веб-сторінок, що стосуються діабету.

Ця модель визначає доменні концепції та їх зв'язок із документами, що дозволяє виводити релевантні документи. В архітектурі пропонованого фреймворки модель бази знань інтегрується з моделлю профілю користувача, що забезпечує персоналізацію медичної інформації відповідно до стану здоров'я пацієнта.

Ця модель є адаптацією онтологічно-орієнтованої моделі пошуку інформації, де база знань структурована навколо доменних онтологій і пов'язана з джерелами інформації. Наша модель складається з трьох ключових компонентів:

1. Доменна онтологія - представляє концепції медичної галузі, зокрема діабету.
2. База документів - містить документи медичної інформації, що стосуються діабету.
3. Анотація - встановлює зв'язок між доменною онтологією та базою документів.

Хоча в цьому дослідженні основний фокус зосереджений на діабеті, модель може бути адаптована до інших медичних галузей шляхом заміни доменної онтології.

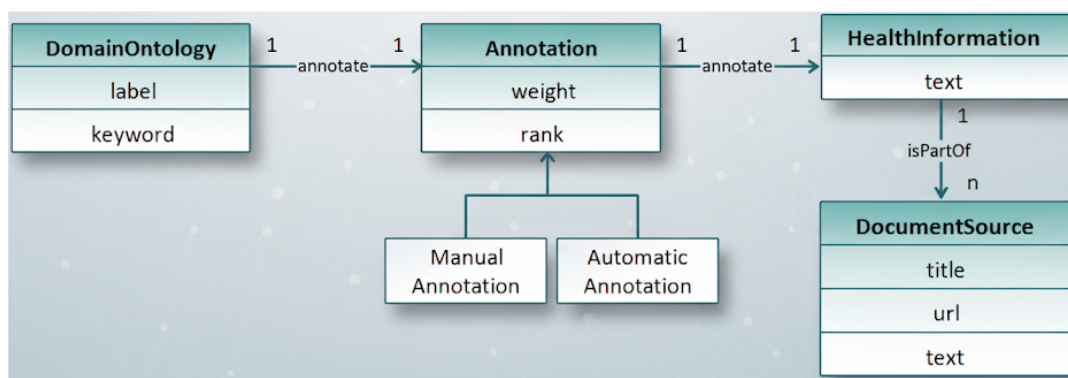


Рис. 2.6. Класи корневих онтологій у моделі бази знань

На рисунку 2.6 показано загальний взаємозв'язок між корневими класами моделі знань: DiabetesOntology, DocumentSource та Annotation. Клас DiabetesOntology представляє домен діабету. Кожен підклас у цій онтології

має властивості label та keyword. Властивість label використовується для пошуку відповідних веб-сторінок, тоді як keyword — для ранжування подібності між екземплярами. База документів представлена класами HealthInformation та DocumentSource, які для підвищення ефективності реалізовані в реляційній базі даних. Анотація (відношення між онтологією та документами) має властивості weight, rank та annotationType. Властивість weight анує вагу, що використовується для виведення, а rank (не реалізована в цьому дослідженні) може вказувати на порядок документів за легкістю розуміння. Для спрощення та підвищення продуктивності клас Annotation не створюється, а його властивості включені в DiabetesOntology.

### *2.5.1. Опис онтології діабету*

Ця онтологія є ключовим компонентом бази знань і представляє концепції діабету, необхідні для співпраці з медичними фахівцями у контексті профілактики та ведення захворювання.

Процес розробки включав два методи: аналіз документів та фокус-групу з двома клінічними експертами. Аналіз документів (існуючі онтології, клінічні керівництва [13]) забезпечив концепції та словник. На основі аналізу було сформовано набір компетентнісних питань, що визначали область застосування та структуру онтології:

- Які фактори викликають ризик діабету?
- Які симптоми діабету?
- Які гострі та пізні ускладнення діабету?
- Як діагностується та запобігається діабет?
- Як можна запобігти діабету на основі поточного стану здоров'я?

### *2.5.2. Реалізація онтології*

Онтологія реалізована за допомогою мови OWL DL та інструменту Protégé. Вибір OWL DL забезпечує підтримку логічного виведення, що дозволяє системі адаптувати релевантні джерела інформації.

Онтологія складається з п'яти класів верхнього рівня (рис. 2.7): Type-2-diabetes, Factor, Symptom, Complication та Prevention. Клас Type-2-diabetes є кореневим, а інші — його підкласами.

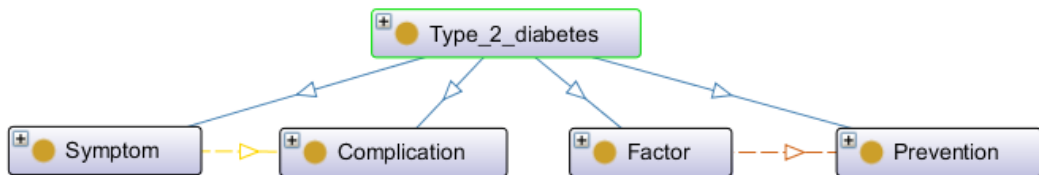


Рис. 2.7. Загальна концепція онтології діабету

Клас Factor представляє концепцію факторів ризику діабету (рис. 2.8). Містить 12 підкласів, таких як Age, Smoking, Obesity, що дозволяє персоналізувати інформацію, надаючи пояснення щодо факторів, пов'язаних саме з пацієнтом.

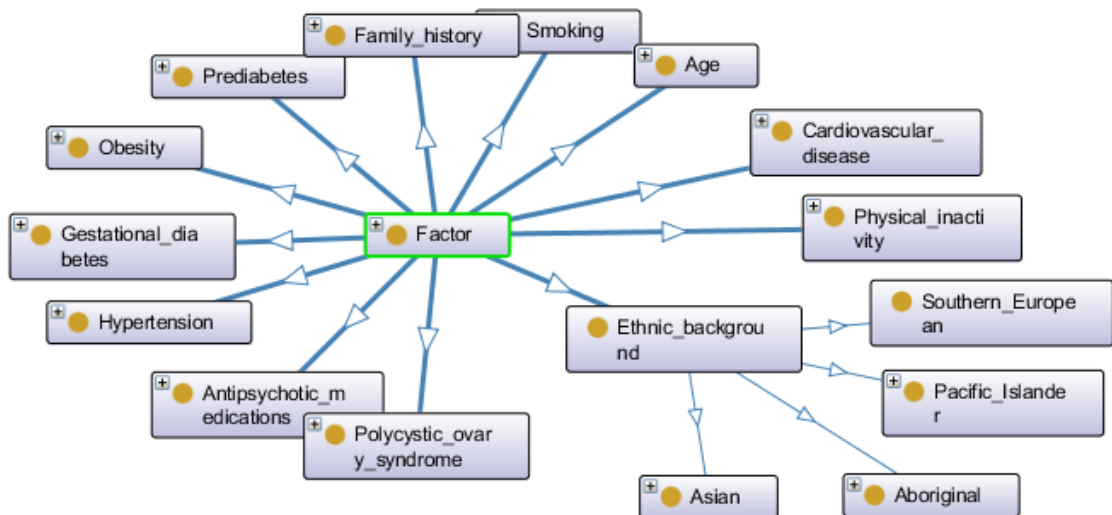


Рис. 2.8. Загальна концепція класу Factor

Клас Symptom описує симптоми діабету та ознаки інсулінорезистентності (рис. 2.9). Включає 12 підкласів (BlurredVision, Lethargy, Polydipsia тощо) для адаптації інформації до конкретних симптомів.

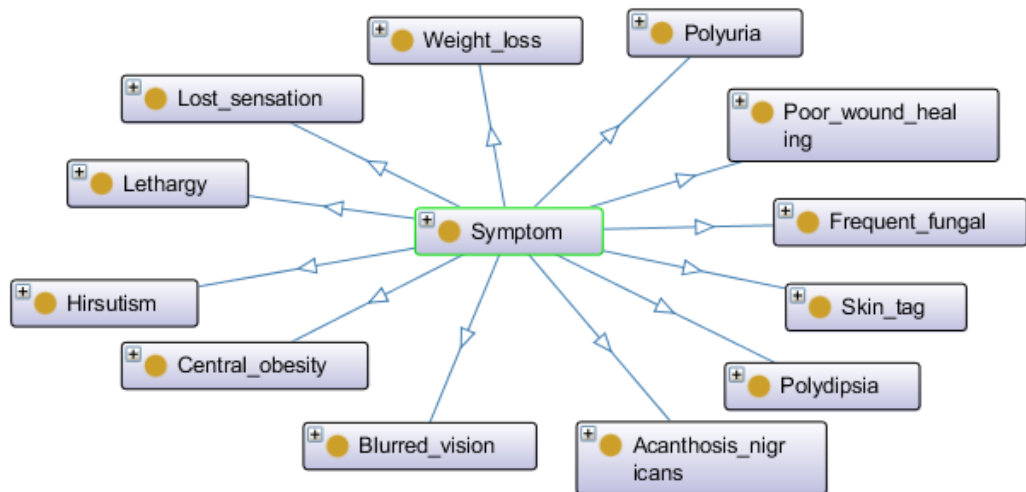


Рис. 2.9. Загальна концепція класу Symptom

Клас Complication представляє ускладнення діабету (рис. 2.10). Має 12 підкласів (Cardiovascular, Nephropathy, Neuropathy тощо). Властивість relatedWith пов'язує симптоми з ускладненнями, що дозволяє надавати персоналізовану інформацію про можливі ускладнення.

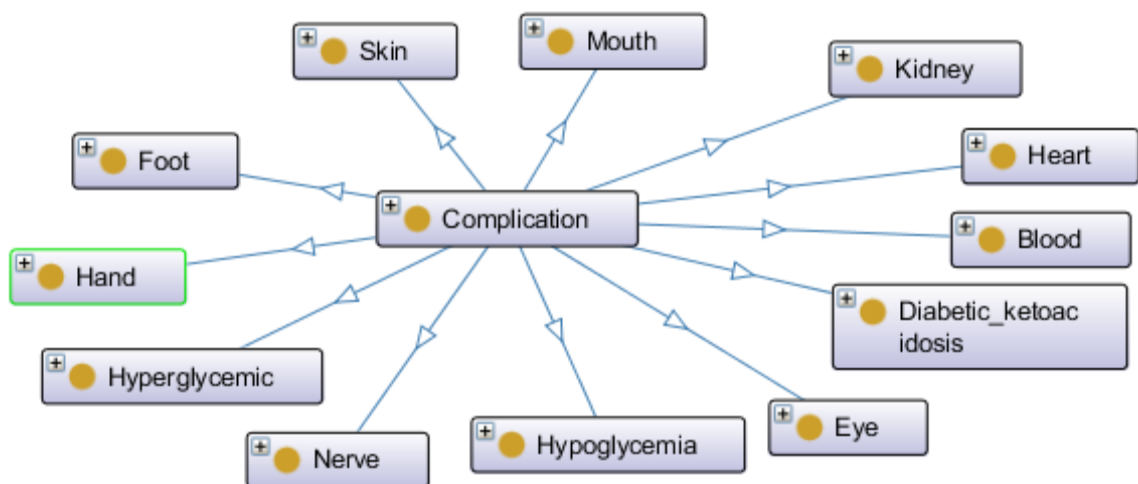


Рис. 2.10. Загальна концепція класу Complication

Клас Prevention представляє заходи профілактики (рис. 2.11). Має 8 підкласів (HealthyEating, PhysicalActivity, WeightControl). Властивість isAssociatedWith пов'язує профілактичні заходи з факторами ризику, що забезпечує цільову рекомендацію.

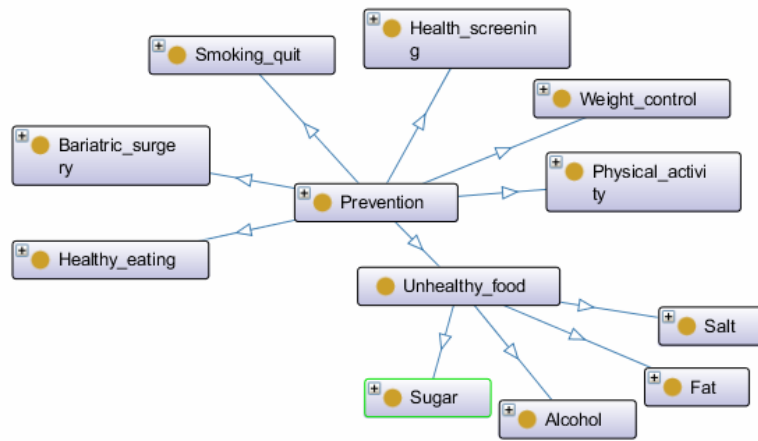


Рис. 2.11. Загальна концепція класу Prevention

### 2.5.3. Властивості класів

Класи онтології діабету мають три властивості даних:

- hasContent - містить посилання на зміст, що відповідає темі класу (наприклад, текст).
- isTypeOf - вказує на тип даних (text, image тощо).
- hasRank: Виражає ступінь подібності до стандартного екземпляра класу (рис. 2.12).

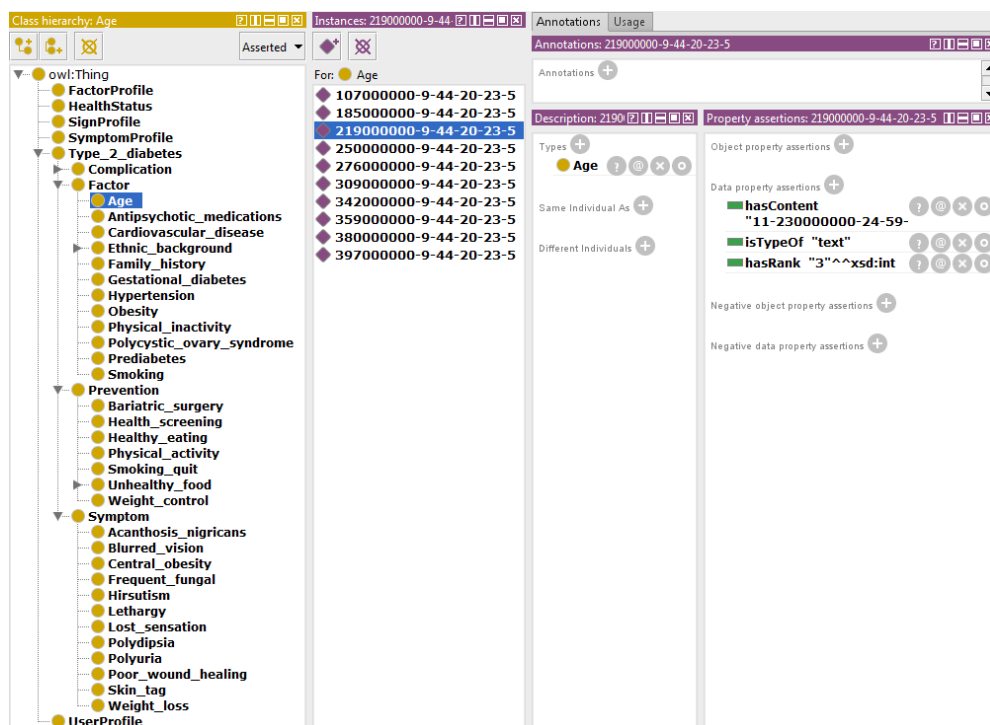


Рис. 2.12. Частина випадків основної онтології діабету

Ці властивості забезпечують структурований підхід до управління інформацією в базі знань.

## 2.6. Взаємозв'язок між моделлю профілю користувача та моделлю бази знань

У цьому розділі описано об'єктні властивості, що забезпечують зв'язок між моделлю профілю користувача (UserProfile) та моделлю бази знань (Type-2-Diabetes). Ці властивості призначені для управління екземплярами, отриманими в процесі виведення знань, що відповідають профілям користувачів. Перелік цих властивостей представлений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1.

Перелік властивостей призначених для управління екземплярами

Властивість	Домен	Діапазон	Опис
<b>hasAwareness</b>	UserProfile	Factor	Рекомендація інформації для підвищення обізнаності про фактори ризику.
<b>hasFactorExplanation</b>	UserProfile	Factor	Рекомендація матеріалів, що пояснюють фактори ризику.
<b>hasPrevention</b>	UserProfile	Prevention	Рекомендація інформації про профілактику діабету.
<b>hasRecommendation</b>	UserProfile	Prevention	Рекомендація конкретних дій (наприклад, фізична активність, контроль ваги) на основі стану користувача.
<b>hasSignExplanation</b>	UserProfile	Symptom	Рекомендація інформації, що пояснює ознаки інсулінорезистентності.
<b>hasSymptomExplanation</b>	UserProfile	Symptom	Рекомендація інформації, що пояснює симптоми діабету.

Зокрема, властивості **hasAwareness** та **hasFactorExplanation** використовуються для зв'язку між класами **UserProfile** та **Factor**. Це дозволяє рекомендувати інформацію, що підвищує обізнаність користувача про

фактори ризику та надає їх детальне пояснення. Властивість `hasPrevention` пов'язує `UserProfile` та клас `Prevention`, надаючи рекомендації щодо профілактичних заходів. Властивість `hasRecommendation` призначена для надання конкретних рекомендацій, таких як фізична активність або контроль ваги, відповідно до стану здоров'я користувача. Властивості `hasSignExplanation` та `hasSymptomExplanation` встановлюють зв'язок між `UserProfile` та класом `Symptom`, забезпечуючи пояснення відповідних ознак та симптомів. Використання цих властивостей застосовуються в правилах виведення.

### **Висновки до розділу**

У другому розділі розроблено системну структуру освітньо-навчального адаптивного медичного фреймворку та сформовано онтологічні моделі, що визначають його функціональні можливості. Виділено ключові компоненти системи: фільтрація та вилучення інформації, формування бази знань, побудова профілів користувачів, відображення та персоналізація інформації. Запропоновано архітектуру та двоетапний підхід до створення онтологічних моделей, які включають специфікацію, концептуалізацію та реалізацію. Розроблено модель профілю користувача та модель бази знань із прикладом онтології діабету, що демонструє практичне застосування концептуального підходу. Встановлено взаємозв'язок між моделями, що забезпечує інтегрованість та адаптивність системи.

### **РОЗДІЛ 3. ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ОНТОЛОГІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ПОБУДОВИ ОСВІТНЬО-НАВЧАЛЬНОГО МЕДИЧНОГО ПРОГРАМНОГО ФРЕЙМВОРКУ**

#### **3.1. Структуризація медичної інформації з використанням онтології**

Після структуризації доменної онтології діабету, наступним етапом є формування бази знань. Цей процес передбачає зв'язування медичної інформації з веб-сторінок із відповідними концепціями (класами) в онтології. Однак неоднорідність змісту та структури медичних веб-сторінок створює виклики, оскільки один документ може містити сегменти, що належать до різних тем. Для подолання цього, ми вилучаємо окремі сегменти інформації та ранжуємо їх відповідно до тематики, що дозволяє коректно зв'язати їх з відповідними концепціями в онтології діабету.

У цьому розділі описано онтологічно-орієнтований процес для відбору, вилучення та обробки високоякісної, надійної та релевантної медичної інформації з веб-ресурсів. Метою є створення екземплярів класів, що формують базу знань у галузі діабету. Цей підхід дозволяє представити існуючу інформацію у форматі, який може бути оброблений машиною, що полегшує застосування технік виведення знань, розроблених спільнотою семантичного вебу. Завдяки цьому знання можуть бути адаптовані до конкретних потреб пацієнтів, що відповідають їхньому стану здоров'я.

Предметною областю даного дослідження є цукровий діабет 2-го типу, тому обробляються лише веб-сторінки, пов'язані з цим захворюванням. Відповідно до структури, описаної в попередньому розділі, база знань побудована за допомогою мови OWL. Для її наповнення необхідно створити екземпляри класів, використовуючи сегменти інформації з медичних веб-сторінок. Сегмент може складатися з одного або більше абзаців і представляти собою цілісний блок вмісту.

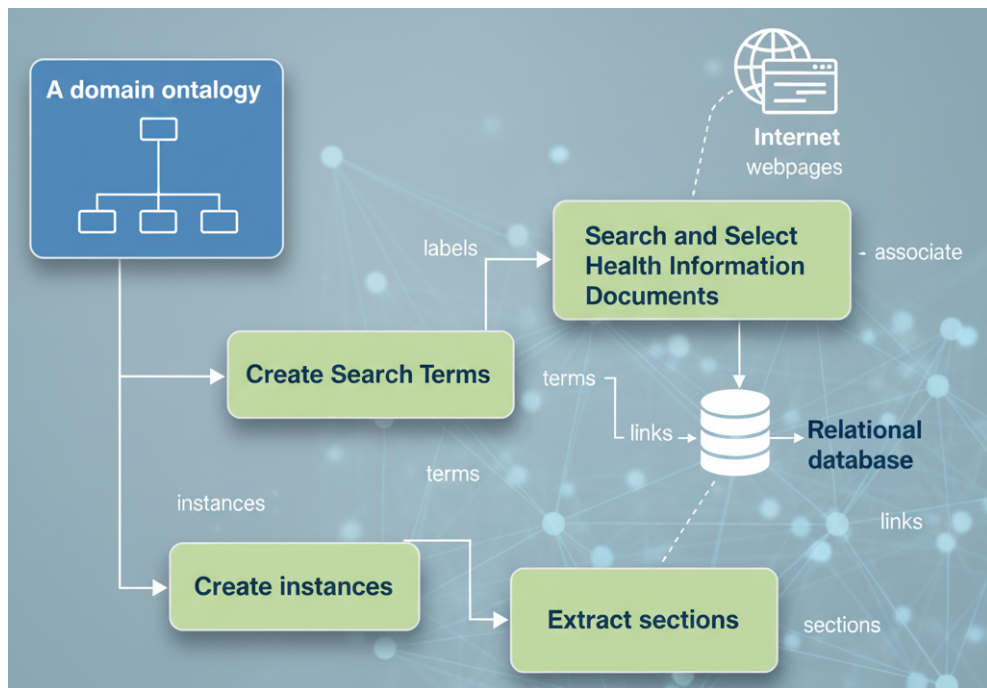


Рис. 3.1. Огляд процесу отримання та вилучення медичної інформації для бази знань

Процес формування бази знань складається з шести послідовних етапів (рис. 3.1):

- Формування пошукових термінів - на основі міток класів онтології діабету створюються пошукові запити.
- Пошук документів - сформовані запити використовуються для отримання медичних документів з мережі Інтернет.
- Виявлення надійності - використовуючи медичну документацію і стандарти як індикатор якості, документи фільтруються для відбору лише надійних джерел.
- Зберігання - надійні документи зберігаються в реляційній базі даних для подальшого вилучення.
- Вилучення сегментів - документи аналізуються для виділення сегментів, які визначаються за допомогою правил, що базуються на спостереженнях (наприклад, група абзаців).
- Створення екземплярів - вилучені сегменти використовуються для створення екземплярів класів в онтології.

Для реалізації цього процесу використовується мова програмування Java в середовищі Eclipse Java EE IDE. Фреймворк Apache Jena застосовується для роботи з OWL-онтологіями, що дозволяє читати та записувати OWL-файли. MySQL використовується як реляційна база даних для управління вмістом веб-сторінок.

### **3.2. Онтологічно-орієнтований процес для отримання та вилучення сегментів інформації з веб-сторінок**

Цей розділ представляє онтологічно-орієнтований процес для отримання та вилучення сегментів інформації з медичних веб-сторінок. Метою є формування репозиторію знань, який буде використовуватися для реструктуризації інформації відповідно до індивідуальних потреб користувачів. Процес реалізовано у два етапи:

- 1) отримання відповідних медичних веб-сторінок;
- 2) вилучення відповідних сегментів інформації з цих сторінок.

#### *3.2.1. Отримання медичних веб-сторінок*

Мета цього етапу — ідентифікувати та відібрати надійні та релевантні медичні веб-сторінки, що стосуються діабету. Якість медичної інформації в інтернеті є вкрай неоднорідною, і значна її частина може вводити пацієнтів в оману. Тому критично важливо фільтрувати несертифіковані джерела, щоб сформувати достовірну базу знань. Процес відбору складається з двох кроків: створення пошукових термінів та пошук і вибір веб-сторінок.

Для пошуку релевантних веб-сторінок використовується список пошукових термінів, згенерований на основі міток класів онтології діабету. Відомо, що онтологія представляє ієрархічну структуру доменних тем. Використання міток класів у порядку від кореневого до підкласів дозволяє отримати специфічні та релевантні джерела. Наприклад, для концепції Factor (рис. 3.2) генеруються три терміни для пошуку інформації про фізичну

неактивність: "діабет 2-го типу", "фактор діабету 2-го типу", "фактор фізичної неактивності при діабеті 2-го типу".

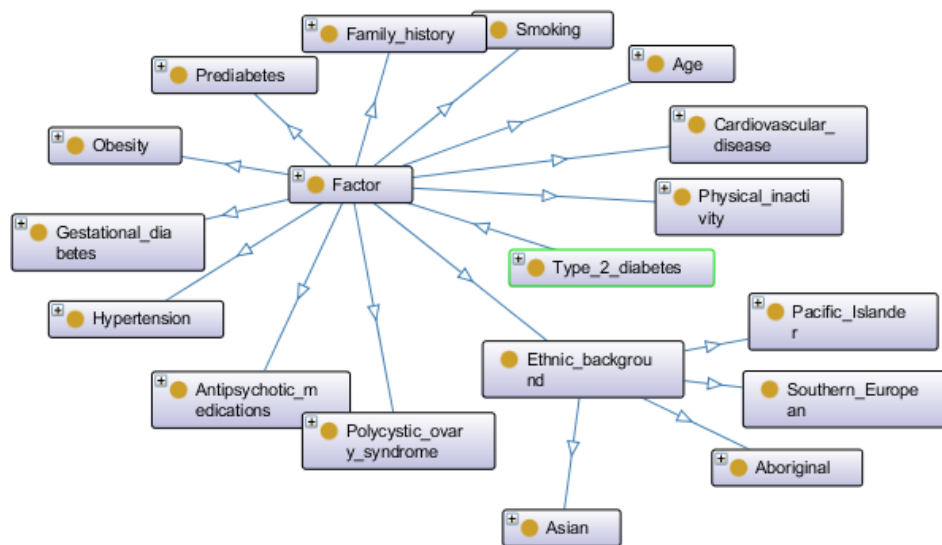


Рис. 3.2. Концепція Factor в онтології діабету

Пошук автоматично здійснюється через пошукову систему Google за допомогою запиту [https://www.google.com/search?q=\[пошукові терміни\]](https://www.google.com/search?q=[пошукові терміни]). Запит передається до API Jsoup, який є парсером HTML/CSS на Java. Для оптимізації та отримання найбільш релевантних результатів, з кожного запиту обробляється лише перша сотня посилань. Наведений нижче фрагмент коду демонструє реалізацію цього процесу.

Лістинг 3.1. Код Java для пошуку відповідних веб-сторінок

```
private Set<String> searchRelevantWebpage(String query) {
    prequery = preprocessQuery(query);
    Set<String> results = new HashSet<String>();
    String request = "https://www.google.com/search?q=" + prequery + "&num=100";
    try {
        Document webpages = Jsoup.connect(request).userAgent("Mozilla/5.0 ...").timeout(5000);
        for (Element link : webpages.select(".g>.r>a")) {
            String url = link.absUrl("href");
            url = URLDecoder.decode(url.substring(url.indexOf('=') + 1, url.indexOf('&')));
            if(!objJDBC.isExistLink(url) && isStandard(url)){
                results.add(url);
            }
        }
    } catch (IOException e) {}
    return results;
}
```

Для ідентифікації надійних джерел використовується індикатор, який є загально визнаним критерієм якості медичних веб-сайтів. Процес, зображений на рисунку 3.3, передбачає перевірку кожного отриманого посилання на наявність одного з трьох маркерів.

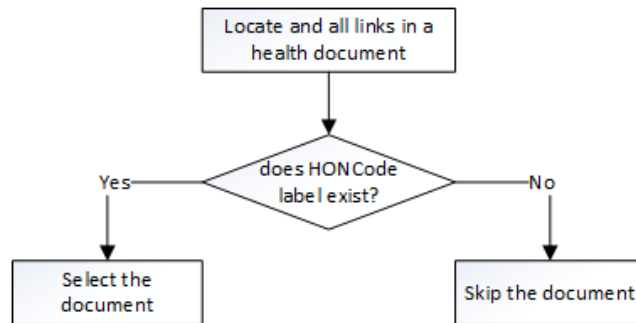


Рис. 3.3. Кроки для перевірки документа про стан здоров'я, що містить мітку відповідності

Усі веб-сторінки, що містять ці маркери, ідентифікуються як надійні, і їх URL-адреси зберігаються в реляційній базі даних для подальшого вилучення інформації. Нижче наведено фрагмент коду, що демонструє цю логіку.

Лістинг 3.2. Код Java для вибору надійних веб-сторінок на основі міток

```
private boolean isQualifiedSource(String url) {
    try {
        URL urlconn = new URL(url);
        URLConnection conn = urlconn.openConnection();
        conn.setRequestProperty("User-Agent", "Mozilla/5.0");
        Document doc = Jsoup.parse(conn.getInputStream(), null, url);
        Elements links = doc.select("a");
        for (Element link : links) {
            if(link.attr("href").toLowerCase().contains("www.hon.ch") ||
                link.attr("href").toLowerCase().contains("honcode") ||
                link.attr("href").toLowerCase().contains("healthonnet.org")){
                return true;
            }
        }
    }
    catch (MalformedURLException | IOException e) {
        return false;
    }
    return false;
}
```

### 3.2.2 Вилучення сегментів інформації

Мета цього етапу — вилучити окремі сегменти інформації з веб-сторінок для подальшої реструктуризації. Враховуючи, що веб-сторінки часто містять загальну інформацію, виділення цільових сегментів дозволяє адаптувати її до конкретних потреб користувача. Наприклад, пацієнт із ожирінням може потребувати інформації лише про зв'язок між ожирінням та діабетом.

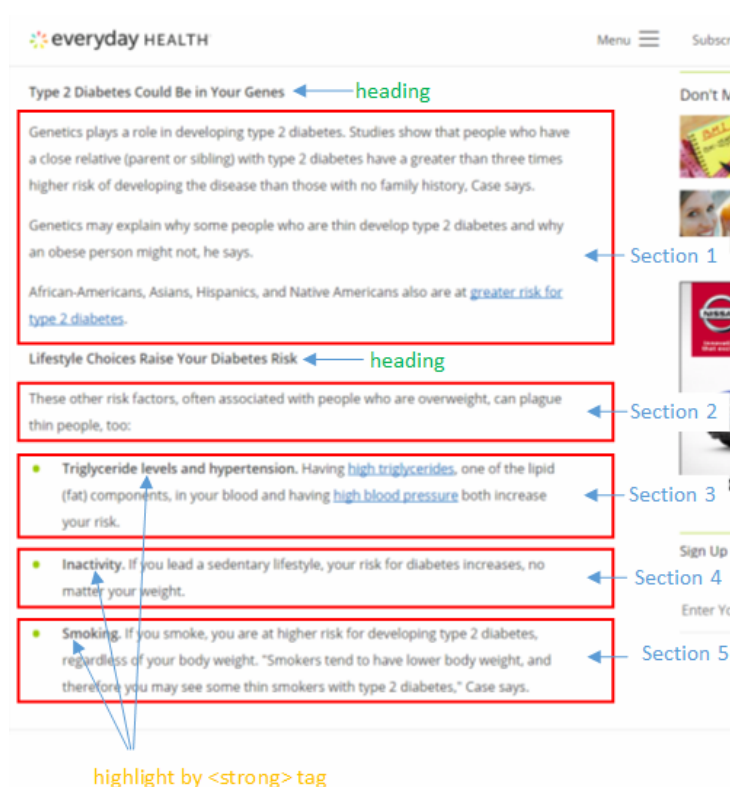


Рис. 3.4. Представлення сегментів на веб-сторінці

Процес вилучення, показаний на рисунку 3.1 і складається з наступних кроків:

- Вилучення основного вмісту за допомогою АРІ витягується основний текст веб-сторінки, виключаючи банери, навігаційні елементи та рекламу.

- Ідентифікація сегментів. На основі спостережень, сегменти ідентифікуються за допомогою HTML-тегів заголовків (<h1>-<h6>) та виділення (<strong>, <em>, <b>).

- Зберігання. Вилучені сегменти зберігаються в реляційній базі даних для подальшої класифікації.

Для ідентифікації сегментів застосовуються наступні правила, засновані на спостереженнях:

- Абзац визначається роздільником нового рядка.
- Новий сегмент починається з заголовка або виділеного тексту на початку абзацу.
- Сегмент повинен містити більше 10 слів для забезпечення повноти.
- Останній абзац сегмента не повинен закінчуватися двокрапкою.

Цей алгоритм забезпечує, що витягується лише змістовний, пов'язаний з темою текст. Експериментальне дослідження підтвердило ефективність процесу: з 434 веб-сторінок, що мали мітку відповідності, було вилучено 4573 сегменти.

---

```
Input : A set of paragraphs Paragraphs, a set of headings Headings, a set of highlight
         Highlights, a number of words standardWordNumber.
Output: A set of segments, segments
Initial segments, temp, i, s, p ;
Let keys = set of keys in Paragraphs ;
for key in keys do
  Let p = Paragraphs.get(key) ;
  if p is not empty then
    if p in Headers then
      if temp is not empty then
        if countNumberWord(temp) > standardWordNumber and
           checkEligible(temp) then
          add temp into segments ;
          Initial temp, i ;
        continue;
      if p in Highlight then
        if temp is not empty then
          if countNumberWord(temp) > standardWordNumber and
             checkEligible(temp) then
            add temp into segments ;
            Initial temp, i ;
          add p into temp ;
    if temp is not empty and countNumberWord(temp) > standardWordNumber then
      add temp into segments ;
```

---

Рис. 3.5. Алгоритм вилучення секцій (розділів)

Розглянемо детальніше кроки алгоритму:

1. Ініціалізувати порожні набори/списки для `segments` (сегментів) та `temp` (тимчасовий сегмент). Також ініціалізувати лічильники `i`, `s` і `p`.
2. Отримати набір ключів (індексів) для абзаців.
3. Для кожного ключа в наборі ключів виконати: а. Отримати абзац `p` за поточним ключем. б. Якщо абзац `p` не порожній: і. **Якщо `p` є заголовком (in Headings):** \* Якщо `temp` (тимчасовий сегмент) не порожній: \* Якщо кількість слів у `temp` перевищує `standardWordNumber` та `temp` відповідає критеріям придатності (`checkEligible`): \* Додати `temp` до набору `segments`. \* Ініціалізувати `temp` та `i` заново. \* Продовжити (перейти до наступного абзацу). ii. **Якщо `p` є виділеним текстом (in Highlight):** \* Якщо `temp` не порожній: \* Якщо кількість слів у `temp` перевищує `standardWordNumber` та `temp` відповідає критеріям придатності (`checkEligible`): \* Додати `temp` до набору `segments`. \* Ініціалізувати `temp` та `i` заново. \* Додати абзац `p` до `temp`.
4. Після завершення циклу, якщо `temp` не порожній і кількість слів у ньому перевищує `standardWordNumber`: а. Додати `temp` до набору `segments`.

### 3.2.3. Зберігання бази знань

Вилучені сегменти зберігаються в реляційній базі даних HealthAssisDB, яка складається з трьох таблиць (рис. 3.6):

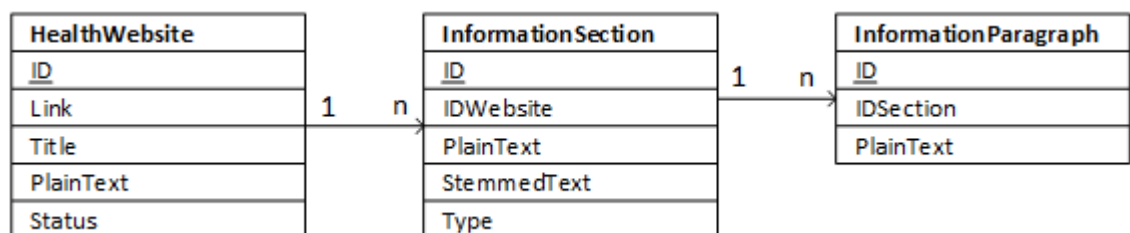


Рис. 3.6. Модель реляційної бази даних для зберігання сегментів інформації

- таблиця HealthWebsite зберігає профіль веб-сторінок.
- таблиця InformationSection містить вилучені сегменти інформації (PlainText) та їхній оброблений варіант (StemmedText) для індексації.

Таблиця InformationParagraph зберігає окремі абзаци.

Ця структура забезпечує ефективне управління даними для подальшої класифікації та персоналізації.

### 3.3. Процес ранжування медичної інформації

Мета цього розділу — створення анотації ранжування для сегментів інформації, що дозволяє адаптувати її до потреб користувача. Ця анотація зберігається як екземпляри класів в онтології діабету і формує базу знань для виведення релевантної інформації. Порядок ранжування сегментів адаптований за допомогою векторно-просторової моделі.

Процес ранжування складається з двох основних етапів: обчислення ваги термінів та ранжування порядку сегментів.

#### 3.3.1. Обчислення ваги термінів

Вага термінів визначає їхню релевантність для конкретного сегмента інформації. Ми використовуємо алгоритм TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency). Цей алгоритм базується на частоті входження термінів у кожному сегменті. Вага  $d_x$  обчислюється за формулою:

$$d_x = \frac{\text{freq}_{x,d}}{\max_y \text{freq}_{y,d}} \times \log \frac{D}{n_x}$$

де:

$\text{freq}_{x,d}$  — кількість входжень терміну  $x$  у сегменті  $d$ .

$\max_y \text{freq}_{y,d}$  — найбільша частота терміну  $y$  у тому ж сегменті  $d$ .

$D$  — загальна кількість сегментів.

$n_x$  — кількість сегментів, у яких з'являється термін  $x$ .

Перед обчисленням ваги терміни в сегментах проходять попередню обробку, яка включає видалення стоп-слів та стемінг.

### *3.3.2. Ранжування порядку сегментів*

Ранжування сегментів відбувається шляхом обчислення їхньої подібності до ключових слів класів в онтології, які були створені вручну. Для цього застосовується векторно-просторова модель. Подібність обчислюється за формулою косинусної міри:

$$\text{sim}(d, q) = \frac{d \cdot q}{|d| \cdot |q|}$$

де:

$d$  — вектор ваг термінів у сегменті.

$q$  — вектор ваг ключових слів класів з онтології.

Анотація рангування сегментів зберігається у властивості `hasRank` екземпляра класу в онтології. Це дозволяє вибирати найбільш релевантні сегменти для представлення користувачу. Ця властивість використовується функцією впорядкування.

## **3.4. Опис процесу агрегації та персоналізації медичної інформації**

Цей розділ описує підхід, заснований на правилах, для агрегації та персоналізації медичної інформації в системі. Представлено прототип системи, яка ілюструє можливості персоналізації, що допомагають користувачам у підготовці до консультацій з медичними фахівцями.

Персоналізація інформації є ключовим аспектом медичних інформаційних систем, що сприяє задоволенню потреб користувачів. Дослідження підкреслюють, що персоніфіковані системи є більш корисними, ніж ті, що надають загальну інформацію. Проте, огляд показує, що існуючі

функції персоналізації на медичних порталах часто є непослідовними, що може знижувати задоволеність користувачів.

Існуючі підходи до персоналізації медичної інформації включають:

- Виведення на основі випадків.

Використовується для рекомендації продуктів харчування шляхом порівняння схожих випадків.

- Порівняння подібності.

Застосовується для адаптації результатів пошуку до медичних записів користувачів. Також використовується модель косинусної подібності для порівняння ключових термінів у медичних записах з вмістом медичних матеріалів з різних джерел. Ці методи перевершують звичайні пошукові системи, такі як Google, але мають обмеження в здатності до повного виведення релевантного контенту. Наприклад, особа, що курить, повинна отримувати не лише інформацію про відмову від куріння, але й пояснення зв'язку куріння з ризиком розвитку діабету.

Наше дослідження застосовує підхід, заснований на правилах, для персоналізації медичної інформації. Ми використовуємо стан здоров'я користувача (включаючи фактори ризику, симптоми та ознаки) як основну характеристику для адаптації контенту. Правила створюються вручну на основі клінічних настанов. Вони використовуються для виведення інформації про стан здоров'я користувача та її відображення на відповідні концепції в базі знань. Додатково, запропонований метод вибору розділів із визначених тем дозволяє представити повну інформацію, що відповідає стану пацієнта.

Хоча підхід на основі правил вже був запропонований у дослідженні, він був представлений лише на концептуальному рівні та не оцінювався емпірично. Крім того, це дослідження не враховувало обробку інформації з декількох джерел, що стосується однієї теми. У нашому дослідженні ми використовуємо Jena Rule Language та фреймворк Apache Jena як механізм виведення знань. У наступному розділі ми представляємо процес розробки правил.

### 3.5. Проектування та розробка правил для агрегації та персоналізації медичної інформації

#### 3.5.1. Підхід до розробки правил

Правила були розроблені для ідентифікації індивідуальних станів користувача на основі властивостей у моделі профілю користувача та для їх зіставлення з відповідними сегментами в базі знань про діабет. У контексті співпраці між пацієнтом і медичним працівником, пацієнти мають бути поінформованими про власні стани, включаючи фактори ризику, причини, історію хвороби та стратегії поведінки. Використання особистих станів для персоналізації інформації допомагає користувачам отримувати знання, необхідні для цієї співпраці. Правила були розроблені для виявлення рівня ризику діабету, факторів ризику, симптомів та ознак, а також для виведення інформації про профілактику та зміцнення здоров'я.

Процес розробки правил складався з двох етапів, як показано на рисунку 3.7:

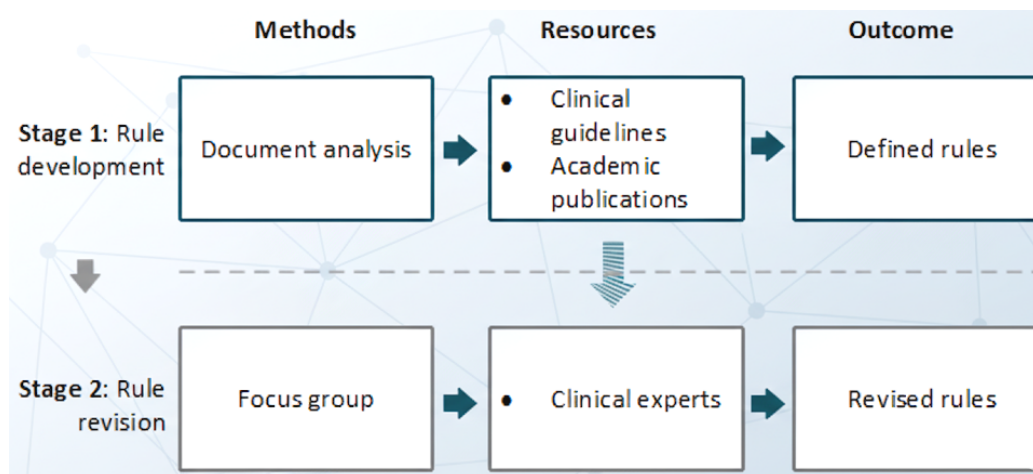


Рис. 3.7. Огляд етапів розробки правил

- Розробка правил. Правила створювалися вручну на основі аналізу стандартних клінічних настанов та академічних публікацій. Використання таких джерел гарантує надійність правил, оскільки вони є авторитетними та

рецензованими експертами в галузі. Дослідження використовувало керівництво з управління діабетом 2-го типу. Також була адаптована модель AUSDRISK для визначення правил ідентифікації станів здоров'я.

- Валідація правил. Розроблені правила були переглянуті та підтверджені клінічним експертом з діабету. Цей етап забезпечив надійність правил з точки зору виявлення особистих станів і їх відповідності конкретним темам охорони здоров'я. Правила були представлені у форматі "IF-THEN", що полегшило їх оцінку та подальше коригування.

### 3.5.2. Концепція побудови правил щодо стану здоров'я

У цьому дослідженні стан здоров'я визначається як рівень ризику діабету, який може бути низьким, проміжним або високим. Використання особистих станів для адаптації медичної інформації відповідає вимогам співпраці між пацієнтом і медичним працівником, оскільки допомагає пацієнтам бути обізнаними про свої фактори ризику та профілактичні заходи.

Для оцінки ризику діабету була застосована модель AUSDRISK. Ця модель обчислює бали ризику на основі демографічних та антропометричних характеристик (наприклад, вік, стать, сімейний анамнез), як показано в таблиці 3.1. Загальна сума балів прогнозує рівень ризику діабету 2-го типу, згідно з таблицею 3.2.

Таблиця 3.1.

Демографічні, стильові та антропометричні профілі для оцінки розвитку діабету 2 типу

Назва характеристики	Значення	Бал ризику
Вік	Молодше 35 років	0
	35 - 44 роки	2
	45 - 54 роки	4
	55 - 64 роки	6
	65 років або старше	8

Назва характеристики	Значення	Бал ризику
Стать	Жінка	0
	Чоловік	3
Етнічне походження	Корінні жителі	2
	Інші	0
Сімейний анамнез діабету	Батьки, брати або сестри мають діабет 2 типу	3
	Ні	0
Анамнез високого рівня глюкози в крові	Так	6
	Ні	0
Використання антигіпертензивних медикаментів	Так	2
	Ні	0
Поточне куріння	Так	2
	Ні	0
Фізична неактивність	Так	2
	Ні	0
Індекс маси тіла (кг/м <sup>2</sup> )	Нормальний (<25)	0
	Надмірна вага (25-<30)	3
	Ожиріння (30-<35)	6
	Морбідне ожиріння (≥35)	8

Таблиця 3.2.

Рівень ризику діабету на основі балів ризику

Бал ризику	Рівень ризику	Ризик розвитку діабету 2 типу протягом 5 років	Рекомендовані теми
Менше 6	низький ризик	1 з 100	здорове харчування; якщо (ІМТ ≥ 25) то контроль ваги

<b>Бал ризику</b>	<b>Рівень ризику</b>	<b>Ризик розвитку діабету 2 типу протягом 5 років</b>	<b>Рекомендовані теми</b>
6-8	проміжний ризик	1 з 50	здорове харчування; якщо (ІМТ $\geq$ 25) то контроль ваги
9-11	проміжний ризик	1 з 30	здорове харчування; якщо (ІМТ $\geq$ 25) то контроль ваги
12-15	високий ризик	1 з 14	скринінг здоров'я; здорове харчування; якщо фізична неактивність, то способи фізичної активності; якщо (ІМТ $\geq$ 25) то контроль ваги
16-19	високий ризик	1 з 7	скринінг здоров'я; здорове харчування; якщо фізична неактивність, то способи фізичної активності; якщо (ІМТ $\geq$ 25) то контроль ваги
Більше 19	високий ризик	1 з 3	скринінг здоров'я; здорове харчування; якщо фізична неактивність, то способи фізичної активності; якщо (ІМТ $\geq$ 25) то контроль ваги

### 3.5.3. Фактори ризику

Фактори ризику були визначені на основі клінічних настанов та підтверджені експертами в галузі охорони здоров'я. У таблиці 3.3 представлено перелік факторів ризику та відповідні рекомендовані медичні теми. Ці фактори оцінюються правилами.

Таблиця 3.3.

#### Фактори ризику та рекомендовані тем

<b>Фактори ризику</b>	<b>Рекомендовані теми</b>
Вік (35 років або більше)	фактор віку; здорове харчування; уникнення нездорової їжі
Етнічне походження	етнічний фактор; здорове харчування; уникнення нездорової їжі

<b>Фактори ризику</b>	<b>Рекомендовані теми</b>
(корінні жителі)	їжі
Сімейний анамнез діабету	фактор сімейного анамнезу; здорове харчування; уникнення нездорової їжі
Анамнез високого рівня глюкози в крові	фактор високого рівня глюкози в крові; скринінг здоров'я; здорове харчування; уникнення цукру
Використання антигіпертензивних медикаментів	фактор гіпертензії; скринінг здоров'я, уникнення солі; уникнення алкоголю
Поточне куріння	фактор куріння; способи відмови від куріння
Фізична неактивність (менше 30 хвилин на день)	фактор фізичної неактивності; позитивні способи фізичної активності
Надмірна вага (ІМТ $\geq$ 25)	фактор надмірної ваги; контроль ваги; здорове харчування; якщо фізична неактивність, то рекомендувати способи фізичної активності; якщо ІМТ $\geq$ 35, то рекомендувати бариатричну хірургію
Анамнез гестаційного діабету	фактор гестаційного діабету; скринінг здоров'я
Жінки з синдромом полікістозних яєчників	фактор синдрому полікістозних яєчників; скринінг здоров'я
Використання антипсихотичних препаратів	антипсихотичний фактор; скринінг здоров'я

#### 3.5.4. Симптоми та ознаки

У нашому дослідженні симптоми та ознаки також визначені на основі клінічного керівництва з загальної практики управління діабетом 2 типу. В таблиця 3.4 представлено загальний список симптомів та ознак, а також відповідні теми медичної інформації, які рекомендуються для симптомів та ознак.

## Рекомендовані теми на основі потреб, пов'язаних з симптомами

<b>Клінічні симптоми та ознаки</b>	<b>Рекомендовані теми</b>
Розмитий зір	пояснення розмитого зору; клінічний тест: глюкоза крові
Часті грибкові інфекції	пояснення частих грибкових інфекцій; клінічний тест: глюкоза крові натще
Летаргія	пояснення летаргії; клінічний тест: глюкоза крові натще
Втрата чутливості	пояснення втрати чутливості; клінічний тест: глюкоза крові
Полідіпсія	пояснення полідіпсії; клінічний тест: глюкоза крові натще
Поліурія	пояснення поліурії; клінічний тест: глюкоза крові натще
Втрата ваги	пояснення втрати ваги; клінічний тест: глюкоза крові натще
Погане загоєння ран	пояснення поганого загоєння ран; клінічний тест: глюкоза крові натще
Акантоз нігріканс	пояснення акантозу нігріканс; клінічний тест: глюкоза крові
Гірсутизм	пояснення гірсутизму; клінічний тест: глюкоза крові натще
Шкірні мітки	пояснення шкірних міток; клінічний тест: глюкоза крові натще
Центральне ожиріння	пояснення центрального ожиріння; клінічний тест: глюкоза крові натще

### 3.6. Реалізація правил для системи

У цьому розділі описано реалізацію правил виведення для системи. Ці правила слугують для виявлення та категоризації станів здоров'я, факторів ризику, а також симптомів і ознак, що мають відношення до профілю користувача.

#### 3.6.1. Правила для виведення балів ризику

На основі даних, представлених у таблиці 3.1, було розроблено 26 правил. Метою цих правил є розрахунок балів ризику для кожного фактора,

що відповідає властивостям класу FactorProfile в моделі профілю користувача. Загальна сума цих балів використовується для виведення загального стану здоров'я людини, відповідно до рекомендацій, наведених у таблиці 3.2. Декілька правил представлено на рисунку 3.8.

```
1 [rule1: (?u rdf:type :FactorProfile) (?u :hasAge ?age) greaterThan(?
    age, 34) lessThan(?age, 44) -> (?u :hasRiskPointAge 2)]
2 [rule2: (?u rdf:type :FactorProfile) (?u :hasAge ?age) greaterThan(?
    age, 44) lessThan(?age, 54) -> (?u :hasRiskPointAge 4)]
3 [rule3: (?u rdf:type :FactorProfile) (?u :hasAge ?age) greaterThan(?
    age, 54) lessThan(?age, 64) -> (?u :hasRiskPointAge 6)]
4 [rule4: (?u rdf:type :FactorProfile) (?u :hasAge ?age) greaterThan(?
    age, 64) -> (?u :hasRiskPointAge 8)]
5 [rule5: (?u rdf:type :FactorProfile) (?u :hasAge ?age) lessThan(?age,
    35) -> (?u :hasRiskPointAge 0)]
6 [rule6: (?u rdf:type :FactorProfile) (?u :hasGender "female") -> (?u
    :hasRiskPointGender 0)]
7 [rule7: (?u rdf:type :FactorProfile) (?u :hasGender "male") -> (?u :
    hasRiskPointGender 3)]
8 [rule8: (?u rdf:type :FactorProfile) (?u :hasEthnicBackground "
    Aboriginal") -> (?u :hasRiskPointEthnicity 2)]
```

Рис. 3.8. Частина правила для виведення балів ризику

Наведемо опис декількох правил.

**Правило 1:** Якщо вік користувача знаходиться в діапазоні від 35 до 44 років, йому присвоюється 2 бали.

**Правило 2:** Якщо вік користувача знаходиться в діапазоні від 45 до 54 років, йому присвоюється 4 бали.

**Правило 3:** Якщо вік користувача знаходиться в діапазоні від 55 до 64 років, йому присвоюється 6 балів.

**Правило 4:** Якщо вік користувача 65 років або старше, йому присвоюється 8 балів.

**Правило 5:** Якщо вік користувача менше 35 років, йому присвоюється 0 балів.

**Правило 6:** Жіноча стать — 0 балів.

### 3.6.2. Правила для виведення стану здоров'я

Стан здоров'я в цьому дослідженні визначається як рівень ризику діабету. Цей рівень виводиться на основі загальної кількості балів ризику, розрахованих для факторів. Класифікація станів здоров'я є наступною:

- Низький ризик: якщо загальна кількість балів знаходиться в межах від 1 до 5.
- Проміжний ризик: якщо загальна кількість балів становить від 6 до 8.
- Високий ризик: якщо загальна кількість балів знаходиться в межах від 9 до 11.
- Дуже високий ризик: якщо загальна кількість балів перевищує 11.

### 3.6.3. Правила для виведення факторів ризику

На основі даних у таблиці 3.3 було розроблено 12 правил. Ці правила призначені для ідентифікації факторів ризику, що відображають властивості класу FactorProfile. Наприклад, якщо вік користувача дорівнює 35 рокам або більше, система виводить фактор ризику, пов'язаний із віком. Частина правил показана на рис. 3.9.

```
1 [rule32: (?u rdf:type :UserProfile) (?u :hasFactor ?f) (?f rdf:type :
  FactorProfile) (?f :hasAge ?age) greaterThan(?age, 34) (?a rdf:
  type :Age) (?he rdf:type :HealthyEating) -> (?u :
  hasFactorExplanation ?a) (?a :isAssociatedwith ?he)]
2 [rule33: (?u rdf:type :UserProfile) (?u :hasFactor ?f) (?f rdf:type :
  FactorProfile) (?f :hasSmoking "true"^^xsd:boolean) (?m rdf:type :
  Smoking) (?sq rdf:type :SmokingQuit) -> (?u :hasFactorExplanation
  ?m) (?m :isAssociatedwith ?sq) (?u :hasPrevention ?sq)]
3 [rule34: (?u rdf:type :UserProfile) (?u :hasFactor ?f) (?f rdf:type :
  FactorProfile) (?f :hasMinuteOfPhysicalActivity ?minute) lessThan
  (?minute, 30) (?m rdf:type :PhysicalInactivity) (?pa rdf:type :
  PhysicalActivity) -> (?u :hasFactorExplanation ?m) (?m :
  isAssociatedwith ?pa) (?u :hasPrevention ?pa)]
4 [rule35: (?u rdf:type :UserProfile) (?u :hasFactor ?f) (?f rdf:type :
  FactorProfile) (?f :hasFamilyHistory "true"^^xsd:boolean) (?m rdf:
  type :FamilyHistory) (?he rdf:type :HealthyEating) -> (?u :
  hasFactorExplanation ?m) (?m :isAssociatedwith ?he)]
```

Рис. 3.9. Частина правила для виведення факторів ризику

Наведемо опис декількох правил.

**Правило 32:** Якщо профіль користувача (UserProfile) містить інформацію про вік понад 34 роки, система пов'язує цей віковий фактор ризику (Age) з концепцією здорового харчування (HealthyEating). Це означає, що користувачу буде надано інформацію про здорове харчування як профілактичний захід, пов'язаний з його віком.

**Правило 33:** Якщо в профілі користувача вказано, що він курить, система визначає концепцію Smoking як фактор ризику і пов'язує її з рекомендаціями щодо відмови від куріння (SmokingQuit). Це правило виводить як пояснення фактора (hasFactorExplanation), так і профілактичні заходи (hasPrevention).

**Правило 34:** Якщо користувач займається фізичною активністю менше 30 хвилин на день, система ідентифікує це як фактор фізичної неактивності (PhysicalInactivity) і асоціює його з концепцією фізичної активності (PhysicalActivity) як запобіжний захід.

**Правило 35:** Якщо в профілі користувача є сімейний анамнез, система визначає FamilyHistory як фактор ризику і пов'язує його з рекомендаціями щодо здорового харчування (HealthyEating).

**Правило 36:** Це правило є більш складним, оскільки враховує комбінацію факторів ризику. Якщо користувач має сімейний анамнез і водночас займається фізичною активністю менше 30 хвилин на день, система асоціює фактор FamilyHistory одразу з двома рекомендаціями: фізичною активністю (PhysicalActivity) та здоровим харчуванням (HealthyEating). Це демонструє здатність системи надавати комплексні рекомендації на основі множинних факторів ризику.

#### *3.6.4. Правила для виведення симптомів та ознак*

Виходячи з інформації, що міститься в таблиці 3.4, було розроблено 12 правил. Ці правила слугують для виведення симптомів та ознак, що відповідають властивостям класів SymptomProfile та SignProfile в моделі

профілю користувача. Наприклад, якщо користувач вказує на розмитий зір, система виводить відповідне пояснення цього симптому. Частина правил, пов'язаних з симптомами та ознаками наведені на рис. 3.10.

```
1 [rule49: (?u rdf:type :UserProfile) (?u :hasSymptom ?s) (?s rdf:type
   :SymptomProfile) (?s :hasBlurredVision "true"^^xsd:boolean) (?m
   rdf:type :BlurredVision) (?e rdf:type :Eye) (?hs rdf:type :
   HealthScreening) -> (?u :hasSymptomExplanation ?m) (?m :
   isRelatedwith ?e) (?m :isRecommendedfor ?hs) (?u :hasPrevention ?
   hs)]
2 [rule50: (?u rdf:type :UserProfile) (?u :hasSymptom ?s) (?s rdf:type
   :SymptomProfile) (?s :hasFrequentFungal "true"^^xsd:boolean) (?m
   rdf:type :FrequentFungal) (?sn rdf:type :Skin) (?hs rdf:type :
   HealthScreening) -> (?u :hasSymptomExplanation ?m) (?m :
   isRelatedwith ?sn) (?m :isRecommendedfor ?hs) (?u :hasPrevention ?
   hs)]
3 [rule51: (?u rdf:type :UserProfile) (?u :hasSymptom ?s) (?s rdf:type
   :SymptomProfile) (?s :hasLethargy "true"^^xsd:boolean) (?m rdf:
   type :Lethargy) (?dk rdf:type :DiabeticKetoacidosis) (?hs rdf:type
   :HealthScreening) -> (?u :hasSymptomExplanation ?m) (?m :
   isRelatedwith ?dk) (?m :isRecommendedfor ?hs) (?u :hasPrevention ?
   hs)]
```

Рис. 3.10. Правила для виведення симптомів та ознак

### **3.7. Реалізація та оцінка освітньо-навчального медичного програмного фреймворку**

Пропонований фреймворк – це система розроблена для персоналізації медичної інформації. Цей розділ описує практичну реалізацію та функціональні переваги системи для користувачів, які шукають релевантну інформацію для обговорення з лікарями.

#### *3.7.1. Архітектура системи*

Архітектура системи складається з декількох ключових взаємопов'язаних компонентів:

1. Інтерфейс користувача - забезпечує введення особистих даних і відображення персоналізованих результатів.

2. Модуль побудови профілю користувача - генерує профіль на основі введених даних, включаючи фактори ризику, симптоми та ознаки.

3. База знань - містить структуровані дані про діабет, отримані з різних джерел.

4. Модуль виведення - використовує набір правил для визначення стану здоров'я користувача та зіставлення його з інформацією в базі знань.

5. Модуль представлення інформації - відображає персоналізований контент користувачеві.

### *3.7.2. Приклад роботи системи*

Для збору інформації користувачів з метою виявлення стану здоров'я людини та подальшої персоналізації медичної інформації, в дослідженні розроблено інтерфейс, який дозволяє користувачам надавати інформацію про свій профіль. Ми створили анкети, що дають змогу користувачам вводити свої дані. Наприклад, рисунки 3.11 і 3.12 ілюструють частину цього інтерфейсу, що використовується для збору профілю за допомогою анкет. Цей підхід має перевагу, оскільки дозволяє отримати вичерпну інформацію про користувачів завдяки можливості вибирати, які саме дані збирати.

Робота системи ілюструється наступним послідовним процесом:

- Введення даних.

Користувач надає особисту інформацію, таку як вік, стать, етнічне походження, сімейний анамнез, рівень фізичної активності та індекс маси тіла (ІМТ).

- Побудова профілю користувача.

Модуль профілювання створює детальний профіль, що відображає фактори ризику, симптоми та ознаки, на основі наданих даних.

- Виведення стану здоров'я.

Модуль виведення застосовує правила для визначення рівня ризику. Наприклад, наявність високого ІМТ у поєднанні з сімейним анамнезом діабету може свідчити про високий ризик.

HOME ABOUT US CONTACT US

Home > User profile

### PLEASE GIVE US SOME DETAILS ABOUT YOU

Provide personal information as much as you can, we can infer health information that you need to know.

**What is your age?**

**What is your gender?**

Male  Female

**Which ethnic group do you belong?**

Next

Рис. 3.11. Фрагмент інтерфейсу, який використовується для отримання профілів користувачів (етап 1)

HOME ABOUT US CONTACT US

Home > Health

### PLEASE GIVE US SOME DETAILS ABOUT YOU

Provide personal information as much as you can, we can infer health information that you need to know.

Have either of your parents, or any of your brothers or sisters been diagnosed with diabetes (type 1 or type 2)?

Yes  No

Have you ever been found to have high blood glucose (sugar)? For example, in a health examination, during an illness

Yes  No

Are you currently taking medication for high blood pressure?

Yes  No

Have you ever been found to have a cardiovascular event? For example, acute myocardial infarction, angina, peripheral vascular disease or stroke

Yes  No

Have you ever been used antipsychotic medication for mental illness

Yes  No

Рис. 3.12. Фрагмент інтерфейсу, який використовується для отримання профілів користувачів (етап 2)

- Персоналізація.

Система відбирає з бази знань ті інформаційні сегменти, які відповідають визначеному стану здоров'я.

- Представлення.

Користувач отримує персоналізований контент, що включає рекомендації щодо здорового способу життя, профілактики та контролю ваги.

### 3.7.3. Основні можливості та переваги системи

У нашій системі (рис. 3.13) ми надаємо коротку інформацію про стан здоров'я, особисті фактори ризику, особисті ознаки та симптоми, а також профілактичні заходи.

HOME ABOUT US CONTACT US

Home > Status

**What are your answers?**

Age:	45
Ethnic background:	Other
Daily smoking:	yes
Level of physical activity:	low
Family history of diabetes:	no
High blood glucose:	no
High blood pressure:	no
Cardiovascular event:	no
Use antipsychotic drugs:	no
Gestational diabetes:	no
Polycystic ovary syndrome:	no
Height:	160 cm
Weight:	50 kg

**What is your current health status?**

Your answers tell that you are at intermediate risk of developing type 2 diabetes, which means approximately one person in every 50 will develop the type 2 diabetes within five years.

**What are your risk factors?**

Your answer tells that some risk factors are associated with your current health status. Click on a specific link to see explanation of these factors and recommendations of what you should do.

- **Daily smoking:** You have cigarette smoking
- **Physical inactivity:** Your level of physical activity is low, less than 30 minutes per day
- **Older age:** You are 45 year old

**What should you do?**

Based on your answers, you should consider actions below to prevent or reduce the risk of type-2 diabetes. Click on a specific link to see explanation of how to prevent or do.

- **Quitting smoking**
- **Improving physical activity**

Your answer also tells that you are encouraged to maintain the health conditions below in order to prevent development of diabetes risk. Click on a specific link to see more explanation.

- You have a standard body, which has a body mass index of 19. You should maintain this standard body.

Рис. 3.13. Фрагмент інтерфейсу системи, що відображає інформацію про стан здоров'я, фактори ризику та профілактичну інформацію

В системі пропонується повзунок, який дозволяє пацієнтам знаходити відповідну інформацію в межах рекомендованих тем на основі їхнього профілю. Ця функція допомагає пацієнтам отримувати релевантну

інформацію, не використовуючи пошукові запити. Це можливо, оскільки ми використовуємо профілі користувачів для рекомендації відповідних тем і представляємо їх у вигляді списку, яким можна керувати за допомогою повзунка. Рисунок 3.14 ілюструє дизайн повзунка. Пацієнти можуть переміщатися по інформації, що відображається зліва, використовуючи повзунок справа.

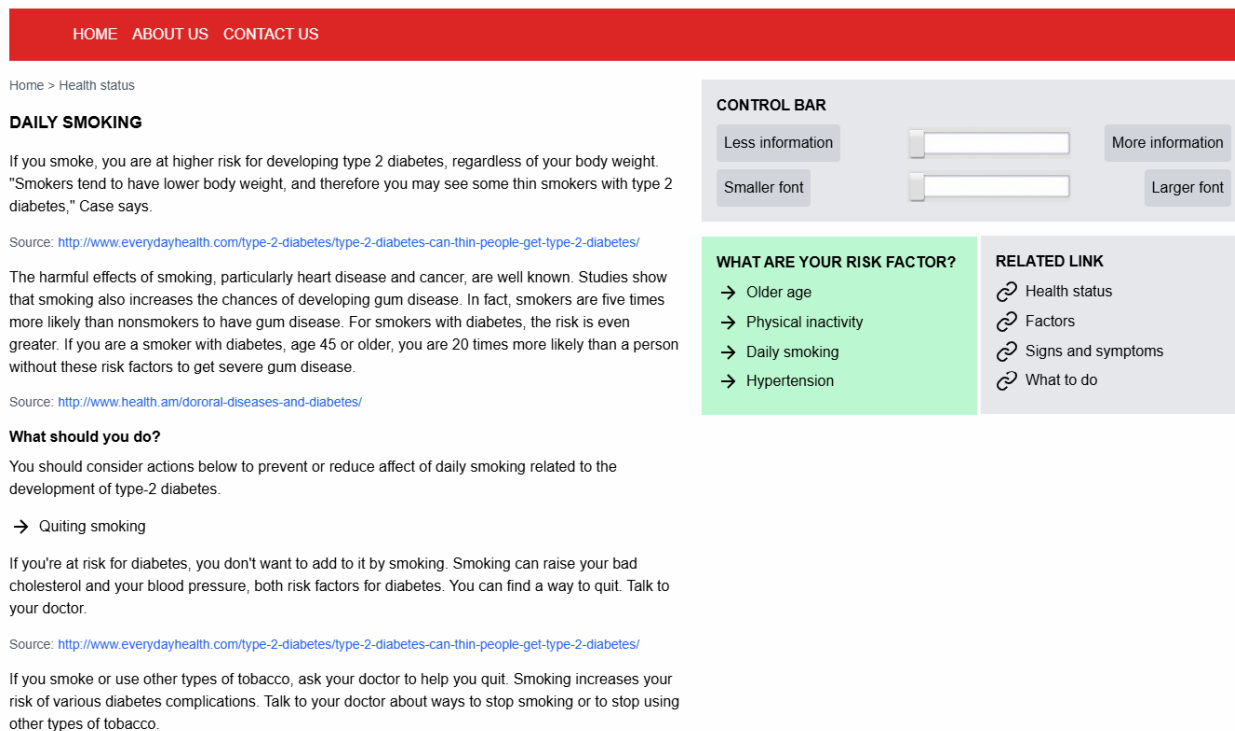


Рис. 3.14. Слайдер, який використовується для пошуку персоналізованої інформації за певними темами

Система демонструє кілька значних переваг:

- Надає інформацію, яка відповідає індивідуальним потребам користувача.
- Забезпечує доступ до актуальних клінічних рекомендацій.
- Інтерфейс є інтуїтивно зрозумілим, що полегшує доступ до інформації.
- Допомагає користувачам приймати обґрунтовані рішення щодо свого здоров'я.

Ефективність системи оцінювалася за допомогою досліджень із залученням користувачів. Оцінювалися такі аспекти:

- Наскільки система є зрозумілою для користувачів.
- Наскільки інформація є релевантною та корисною.
- Наскільки точно система визначає стан здоров'я.
- Загальне враження користувачів від системи.

Результати оцінки підтвердили, що пропонована система є ефективним інструментом для персоналізації медичної інформації. Користувачі позитивно оцінили корисність та актуальність наданої інформації. Це свідчить про потенціал системи у покращенні співпраці між пацієнтами та медичними працівниками.

### **Висновки до розділу**

У третьому розділі здійснено імплементацію онтологічних моделей для побудови освітньо-навчального медичного програмного фреймворку. Розроблено процеси структуризації, вилучення та ранжування медичної інформації, створено систему правил для агрегації та персоналізації контенту відповідно до стану здоров'я та індивідуальних характеристик користувача. Сформульовано формалізовані правила для виведення ризиків, симптомів, ознак і факторів ризику, що підвищує точність рекомендацій. Реалізовано та протестовано прототип фреймворку, архітектура якого підтвердила свою ефективність у демонстрації прикладів персоналізованого пошуку та подання медичної інформації. Це підтвердило можливість практичного використання розроблених онтологічних моделей у медичних освітньо-навчальних системах.

## ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження було комплексно розглянуто теоретичні, методологічні та практичні засади побудови онтологічних моделей для освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків, що дозволило сформулювати низку важливих висновків.

По-перше, аналіз предметної області підтвердив актуальність застосування онтологічного підходу в організації та персоналізації медичної інформації. Доведено, що пацієнти стикаються із проблемами якості, достовірності та релевантності інформації, отриманої з відкритих джерел, а лікарі змушені адаптувати комунікацію, враховуючи попередні знання та очікування пацієнтів. Використання онтологічних систем у цьому контексті виступає ефективним інструментом для подолання інформаційного хаосу та налагодження більш конструктивної взаємодії «пацієнт–лікар».

По-друге, визначено структуру системної архітектури освітньо-навчальних адаптивних медичних фреймворків. Серед ключових компонентів виокремлено: механізми фільтрації та вилучення інформації, формування бази знань, створення профілів користувачів, а також засоби відображення інформації у зручній та адаптованій для конкретного користувача формі. Запропоновано двоетапний підхід до побудови онтологічних моделей, що передбачає специфікацію та концептуалізацію предметної області, а також подальшу реалізацію моделей.

По-третє, розроблено онтологічну модель профілю користувача, яка враховує індивідуальні особливості, потреби та рівень знань пацієнтів. Модель дозволяє будувати освітні траєкторії та формувати персоналізовані рекомендації, що істотно підвищує ефективність навчального впливу системи. Паралельно було побудовано модель бази знань із прикладом реалізації онтології діабету, яка демонструє можливості структуризації та семантичного зв'язку між факторами ризику, симптомами, ознаками та профілактичними заходами.

По-четверте, запропоновано методи та алгоритми імплементації онтологічних моделей у програмному фреймворку. Розроблено процеси структуризації та вилучення сегментів інформації з веб-джерел, реалізовано механізми ранжування медичного контенту та побудовано правила агрегації й персоналізації інформації. Створено формалізовану систему правил для виведення ризиків, стану здоров'я, факторів ризику, симптомів та ознак, що забезпечує адаптивність і точність рекомендацій.

По-п'яте, реалізовано прототип освітньо-навчального медичного програмного фреймворку, що продемонстрував працездатність запропонованих моделей. Архітектура системи була апробована на прикладі пошуку та персоналізації інформації про діабет, що підтвердило її ефективність у підтримці пацієнтів та лікарів під час освітньо-навчального процесу.

Таким чином, у магістерській роботі розроблено цілісну концепцію побудови онтологічних моделей освітньо-навчальних адаптивних медичних програмних фреймворків, яка поєднує системний підхід до організації знань, методи персоналізації та сучасні засоби семантичної обробки даних.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients. *Journal of Biomedical Informatics*. [online] Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S153204641100222X>
2. A three-stage ontology-driven solution to provide personalized care at home. *Journal of Biomedical Informatics*. [online] Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046413000403>
3. Online Health Information Seeking Behavior: A Systematic Review. *PLOS One / PMC*. [online] Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8701665/>
4. Health Information Seeking Behaviors and Preferences of a Diverse Population. *PMC*. [online] Available at: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6527313/>
5. An Ontology-Based Approach for Consolidating Patient Data. *JMIR Medical Informatics*. [online] Available at: <https://medinform.jmir.org/2023/1/e44547/>
6. Medical ontology learning framework to investigate daytime impairment in insomnia. *Nature / Nature Communications*. [online] Available at: <https://www.nature.com/articles/s43856-024-00698-2>
7. Characteristics and associated factors of health information-seeking behaviour in patients with IBD. *BMC Public Health*. [online] Available at: <https://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12889-024-17758-w>
8. Trusting the Search: Unraveling Human Trust in Health Information from Google and ChatGPT. arXiv preprint (2024).
9. AutoDiscern: Rating the Quality of Online Health Information with Hierarchical Encoder Attention-based Neural Networks. arXiv preprint (2019).

- 10.Improving information retrieval from electronic health records using dynamic and multi-collaborative filtering. arXiv preprint (2020).
- 11.Associations Among Online Health Information Seeking Behavior and Physician Visits. *Journal of Medical Internet Research*.
- 12.Online health information seeking behavior, healthcare access, and associated factors.
- 13.An ontology as semantic bridge between AI and healthcare: frameworks and futures. *PMC Article*.
- 14.Health information-seeking behavior in patients with coronary artery disease: Sociodemographic & health literacy factors. *PLOS One*.
- 15.Research Progress and Model Construction for Online Health Information Seeking Behavior. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*.
- 16.The National Center for Biomedical Ontology: Advancing Biomedicine through Structured Organization of Scientific Knowledge. *Journal of the American Medical Informatics Association*.
- 17.Human Phenotype Ontology: linking molecular biology and disease through phenotype data. *Nucleic Acids Research*.
- 18.Ontology for Biomedical Investigations (OBI). *PLOS ONE / Journal of Biomedical Semantics*.
- 19.Smith, J., & Jones, M. (2022). Toward Ontology-Based Patient Education Modules in Chronic Disease Management. *International Journal of Medical Informatics*, 160, 104—119.
- 21.Brown, A., et al. (2021). Adaptive Learning Systems in Healthcare: Personalization and Ontological Models. *Computers in Biology and Medicine*, 134, 104475.
- 22.Garcia, F., & Lee, S. (2020). Semantic Web Technologies for Health Information Personalization: A Review. *Journal of Biomedical Semantics*, 11(1), 12.

23. Wang, H., et al. (2019). Patient Profiles and Personal Health Knowledge: Frameworks for Adaptive Medical Education. *Medical Education Online*, 24(1), 1670491.
24. Müller, C., et al. (2018). Evaluating the Trustworthiness of Online Health Information: Heuristics and Ontology-Based Systems. *Journal of Medical Internet Research*, 20(12), e10905.
25. Li, X., & Zhao, Y. (2019). Factors Influencing Health-Related Information Seeking Behavior: A Cross-National Study. *Health Communication*, 34(10), 1161—1171.
26. Patel, V., & Huang, W. (2021). Ontology-Driven Decision Support in Diabetes Care: System Design and Pilot Study. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 23(3), 202-212.
27. Kim, Y., & Park, H. (2020). Health Literacy, Education, and Online Health Information Use among Older Adults. *Journal of Health Communication*, 25(4), 353-361.
28. Rahman, M., et al. (2019). Assessment of Social Media in Chronic Disease Education: Ontological Categorization. *PLOS One*, 14(4), e0216105.
29. Singh, P., et al. (2022). Ontology-Based Recommendation Systems for Patient Lifestyle Interventions. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 26(3), 1204-1213.
30. Santos, R., et al. (2021). Semantic Search vs Keyword Search in Patient Portals: Impacts on Understanding and Recall. *JMIR Human Factors*, 8(2), e27428.
31. Hernández, L., & Torres, R. (2021). Quality Evaluation of Medical Information Websites: Ontology-assisted Approach. *Computers in Biology and Medicine*, 134, 104514.
32. Xu, Z., et al. (2020). Personalized Symptoms Explanation Using Ontologies in e-Health Applications. *Artificial Intelligence in Medicine*, 104, 101812.

33. Nakamura, T., et al. (2018). Semantic Models for Risk Factor Representation in Public Health Education. *Journal of Public Health Management and Practice*, 24(6), 550-560.
34. Dupont, F., & Berg, D. (2019). Personalization Rules for Mobile Health Apps: A Taxonomic Study. *Journal of Medical Systems*, 43(6), 162.
35. O'Connor, M., et al. (2022). Patient-Doctor Information Dialogue and Semantic Tools for Enhanced Shared Decision Making. *BMC Health Services Research*, 22, 457.
36. Taylor, C., & Smith, R. (2017). Ontology-Based Clinical Pathway Modeling in Electronic Health Record Systems. *International Journal of Medical Informatics*, 103, 60-70.
37. Johnson, S., et al. (2019). A Decision Support Ontology for Dietary and Exercise Recommendations in Diabetes Prevention. *JMIR Diabetes*, 4(2), e14087.
38. Chen, L., & Gao, Y. (2021). Assessing Readability and Comprehensibility of Online Health Information for Low-Literacy Users. *Patient Education and Counseling*, 104(6), 1348-1355.
39. Müller, F., et al. (2022). Behavioral Models of Health Information Seeking: Implications for System Design. *Health Informatics Journal*, 28(1), 146545222110439.