

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СКОРСЬКОГО»**

Теплоенергетичний факультет

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

"На правах рукопису"
УДК 004.41

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
О.В. Коваль
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2018р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення
за спеціалізацією Програмне забезпечення розподілених систем
на тему Оцінка стану хворого під час проведення гіпокситерапії на основі експертної системи

Виконав: студент 6 курсу, групи ТВ-71мп
Пекарчук Микита Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник д.т.н., проф. Сліпченко В.Г.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

**Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського”**

Факультет теплоенергетичний

Кафедра автоматизації проектування енергетичних процесів і систем

Рівень вищої освіти другий, магістерський

зі спеціальності - 121 Інженерія програмного забезпечення

за спеціалізацією - Програмне забезпечення розподілених систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль О.В. _____

(прізвище, ініціали)

(підпис)

«_____» _____ 2018р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

_____ Пекарчук Микиті Сергійовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації _____ Оцінка стану хворого під час проведення гіпокситерапії на основі експертної системи

Науковий керівник _____ Сліпченко Володимир Георгійович, д.т.н., проф. _____

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

затверджені наказом по університету від “05” листопада 2018 року №4072с _____

2. Строк подання студентом дисертації 11 грудня 2018 року _____

3. Об'єкт дослідження стан здоров'я пацієнтів під час проходження сеансів гіпокситерапії. _____

4. Предмет дослідження експертна система, що здатна контролювати стан пацієнтів під час проходження сеансів гіпокситерапії та припиняти сеанс під час досягнення критичних значень

5. Перелік питань, які потрібно розробити аналіз існуючих типів експертних систем; дослідження потреб контролю над станом пацієнта; реалізація бази знань з можливістю динамічного заповнення експертом; розробка експертної системи для контролю стану пацієнта на критичні норми показників під час проходження сеансу гіпокситерапії. _____

6. Орієнтований перелік ілюстративного матеріалу функціональна декомпозиція; діаграма прецедентів; основні властивості експертних систем; структурна модель статичної ЕС; структурна схема динамічної ЕС; класифікація експертних систем; схематичне представлення логічної послідовності процесу прийняття рішення системою про стан пацієнта; складова правила; система правил; діаграма залежностей типів; схема класів застосунку; концептуальна модель бази даних; вікно входу в систему; головне вікно програми; попередження при некоректному заповненні правила; повідомлення про успішне збереження; валідація даних.

7. Орієнтований перелік публікацій тези доповіді IV Міжнародної науково-технічної конференції Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем (м. Дніпро, 1-2 листопада 2018 р.); Авторське свідоцтво Україна. Комп'ютерна програма "Експертна система для оцінки реакції організму на гіпоксичний вплив" / М.С. Пекарчук, Л.Г. Полягушко, В.Г. Сліпченко (Україна); заявл. 01.11.18

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	д.мед.н., проф. Асанов Е.О.		
2	д.мед.н., проф. Асанов Е.О.		

7. Дата видачі завдання «_11_» ___вересня___ 2017_р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Аналіз проблеми контролю за станом хворого під час гіпокситерапії	11.09.2017-12.11.2017	
2	Аналіз типів експертних систем	13.11.2017-15.01.2018	
3	Аналіз існуючих експертних систем в медицині	16.01.2018-05.03.2018	
4	Аналіз вимог до експертної системи зі сторони експерта	06.03.2018-27.06.2018	
5	Аналіз вимог до експертної системи зі сторони асистента	28.06.2018-18.08.2018	
6	Моделювання схеми роботи майбутньої програми	19.08.2018-07.09.2018	
7	Розробка архітектури програмного забезпечення	08.09.2018-12.09.2018	
8	Розробка дизайну інтерфейсу користувача	13.09.2018-30.09.2018	
9	Розробка програмного застосунку	01.10.2018-28.10.2018	
10	Оформлення документації	29.10.2018-26.10.2018	

Студент

(підпис)

_____ Пекарчук М.С. _____

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник

(підпис)

_____ Сліпченко В.Г. _____

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Структура й обсяг дипломної роботи.

Магістерська дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновку, переліку посилань з 37 найменувань, 2 додатки, і містить 2 рисунки, 23 таблиці. Повний обсяг магістерської дисертації складає 78 сторінок, з яких перелік посилань займає 4 сторінки, додатки – 8 сторінок.

Актуальність теми. На сьогоднішній день існує не значна кількість програмних додатків, що застосовуються в медичній галузі, хоча лікарські знання є упорядкованими в різних медичних джерелах. Також з кожним днем з'являються нові хвороби, що породжують нові знання стосовно них. Тим самим людина не здатна володіти такою кількістю інформації і допускати незначну кількість помилок. Тому ідеальним вибором для реалізації задач автоматизації в медицині являється використання експертної системи, головною особливістю якої є здатність до накопичення знань.

Мета дослідження полягає у аналізі показників стану пацієнта на критичні норми під час проведення сеансу гіпокситерапії.

Для досягнення поставленої задачі були сформульовані наступні **завдання дослідження**, що визначили логіку дослідження та його структуру:

- проаналізувати існуючі експертні системи;
- реалізувати можливість динамічного замовнення бази знань експертом;
- реалізувати можливість введення реєстру пацієнтів та збереження історії сеансів;
- реалізувати можливість перевірки допуску до сеансу;
- синхронізація з іншими модулями, включаючи Modbus;

Об'єктом дослідження є дослідження зміни стану здоров'я пацієнтів під час проходження сеансів гіпокситерапії.

Предметом дослідження є експертна система, що здатна контролювати стан

пацієнтів під час проходження сеансів гіпокситерапії та припиняти сеанс під час досягнення критичних значень.

Методи дослідження. Розв'язання поставлених задач виконувались засобами комп'ютерного моделювання, зокрема з використанням наступних методів:

- метод інтеграції з фізичним пристроєм на основі протоколу Modbus;
- методи вирішення неформалізованих задач на основі предикатів;
- методи інтеграції віддалених модулів основі WCF – служби.

Наукова новизна одержаних результатів. Автоматизовано процес проведення діагностики, лікування пацієнтів під час сеансів гіпокситерапії за рахунок створення експертної системи, що складається з об'єднаних знань найкращих фахівців в даній галузі. Тим самим програмний продукт зводить похибку лікарів до мінімуму за рахунок повноти й достовірності отриманих знань системою, а також наявності перевірки показників стану здоров'я пацієнта на критичні значення.

Практичне значення одержаних результатів роботи полягає в розробці програмного продукту, який автоматизує контроль над станом пацієнта під час проведення сеансів гіпокситерапії.

Ключові слова. *ГІПОКСИТЕРАПІЯ, ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА, БАЗА ЗНАНЬ.*

ABSTRACT

The structure and volume of the thesis.

Master's thesis consists of an introduction, 6 chapters, conclusion, list of references with 37 titles, 2 annexes, and contains 2 figures, 23 tables. The full range of master's thesis is 78 pages with a list of links takes 4 pages, apps – 8 pages.

Topicality of the theme. Now, there are not a significant number of software applications that are used in the medical sector, although the medical knowledge is well-ordered in various medical sources. Also, every day there are new diseases that give rise to new knowledge about them. Thus, a person is not being able to possess such amount of information and make a small amount of errors. Therefore, the ideal choice for realizing the tasks of automation in medicine is uses of an expert system, the main feature of which is the ability to accumulate knowledge.

The purpose and problems of research. The purpose of the study is to analyze the patient's state of the critical values during the session of hypoxic therapy.

To accomplish the task, the following research objectives were formulated, which determined the logic of the research and its structure:

- analyze existing expert systems;
- implement the possibility of dynamically typing a knowledge base by an expert;
- implement the possibility of entering the patient register and saving the history of sessions;
- implement the possibility of checking the access to the session;
- synchronization with other modules, including Modbus;

The object of research is an expert system that is able to control the state of patients during sessions of hypoxia therapy and stop the session when reaching critical values.

The subject of research is an expert system that is able to control the state of patients during sessions of hypoxia therapy and stop the session when reaching critical

values.

Research methods. The solution of the set tasks was carried out by means of computer simulation, in particular using the following methods:

- method of integration with a physical device based on the Modbus protocol;
- method for solving informal tasks based on predicates;
- method for integrating remote modules based on WCF services.

Scientific novelty of the results. The process of diagnostics, treatment of patients during hypoxitherapy sessions is automated due to the creation of an expert system consisting of the combined knowledge of the best specialists in this field. Thus, the software product reduces the errors of doctors to a minimum due to the completeness and reliability of the knowledge obtained by the system, as well as the presence of checking the health status of the patient to critical values.

The practical significance of the results work is to develop a software product that automates the control of a patient's condition during hypoxia therapy sessions.

Keywords. HYPOXIA THERAPY, *EXPERT SYSTEM*, *KNOWLEDGE BASIS*.

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень.....	9
Вступ.....	10
1 Задача експертної системи.....	12
1.1 Вимоги до експертної системи.....	13
Висновки до розділу 1	15
2 Загальна характеристика експертних систем.....	16
2.1 Визначення експертної системи.....	16
2.2 Типи експертних систем	19
Висновки до розділу 2	21
3 Опис обраної експертної системи та аналіз аналогів	22
3.1 Сучасні медичні експертні системи	22
3.2 Опис обраної експертної системи	28
3.3 Математична модель обраної системи.....	33
Висновки до розділу 3	34
4 Програмна реалізація експертної системи	35
4.1 Архітектура ПЗ	35
4.2 Інструкція розробника.....	36
4.3 Структура бази даних.....	41
Висновки до розділу 4	43
5. Інструкція роботи з системою.....	44
5.1 Вимоги до системи.....	50
5.2 Методика тестування	50
5.3 Контрольні приклади	54
Висновки до розділу 5	58
6 Стартап проект.....	59

6.1	Опис ідеї проекту	59
6.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	60
6.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	61
6.4	Розроблення ринкової стратегії проекту.....	66
6.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	68
	Висновки до розділу 6	71
	Висновки.....	72
	Список використаних джерел	110
	Додаток А	115
	Додаток Б.....	116

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

UI	User Interface — Інтерфейс користувача
БД	База даних
БЗ	База знань
ЕС	Експертна система
ПЗ	Програмне забезпечення
ПК	Персональний комп'ютер
РП	Робоча пам'ять

ВСТУП

З розвитком інформаційних технологій та зростанням потужностей комп'ютерів постало питання автоматизації та інформатизації медичної галузі. Дана галузь є структурованою і містить усі свої знання у довідниках, книгах і т.д. Тобто можна сказати що усі знання, що накопиченні в галузі медицини мають статистичний характер. Це дає змогу автоматизації процесів діагностики та лікування за допомогою експертної системи [6, 7].

Експертні системи почали розвиватись на початку 80-х років в галузі штучного інтелекту [22]. Основною їх задачею було розробити програмні додатки, які б змогли вирішувати неформалізовані задачі на рівні експерта.

На відміну від традиційних програм, призначених для вирішення математично строго визначених завдань з точними алгоритмами [19], за допомогою експертних систем вирішуються завдання, що відносяться до класу неформалізованих або слабоформалізованих задач. Алгоритмічних рішень таких задач або не існує в силу неповноти, невизначеності, неточності, розпливчастості розглянутих ситуацій і знань в них або ж такі рішення неприйнятні на практиці в силу складності дозволених алгоритмів. Тому експертні системи використовують логічний висновок [16] і евристичний пошук рішення.

Від систем підтримки прийняття рішень (які не використовують експертних методів) експертні системи відрізняються тим, що перші спираються більше на математичні методи і моделі, а експертні системи в основному базуються на евристичних, емпіричних знаннях [24, 30], оцінках, методах, які отримані від експертів, і, крім того, здатні аналізувати і пояснювати користувачеві свої дії і знання.

Ідея побудови експертних систем сформувалася в ході досліджень в області штучного інтелекту. Експертні системи розпадаються на два великі класи з точки зору завдань, які вони вирішують. Системи першого класу [31] призначаються для

підвищення культури роботи і рівня знань фахівців в різних областях діяльності (лікарів, геологів, інженерів і т.д.). Системи другого класу можна назвати консультуючими, або діагностуючими. Для надання допомоги людині у вирішенні зазначених завдань розробляються комплекси програм персональних комп'ютерів, звані інтелектуальними системами, заснованими на знаннях [34]. Ці розробки відносяться до області додатків досліджень з штучного інтелекту.

Завдання експертних систем, які, по суті, являють собою комбінацію машинного і людського знання – зберігати і поповнювати досвід фахівців, що працюють в погано формалізуються областях, таких, як медицина, біологія, історія і т.д. Експертні системи повинні зіграти роль висококваліфікованих помічників, здатних дати корисну пораду, повідомити необхідні відомості людині, яка перебуває в скрутному становищі [36]. Нею може виявитися молодий, має недостатній досвід лікар, перед яким виникла необхідність провести складну і нетривіальну операцію.

Експертна система зберігає масу відомостей, отриманих з різних джерел (книг, журнальних публікацій, усних повідомлень фахівців і т.д.) [21]. Вона може використовувати ці відомості для консультації і при необхідності пояснити фахівцеві, як вона прийшла до повідомляються йому висновків.

Експертні системи здатні поповнювати свої знання в ході взаємодії з експертом [11]. Експерт, знання якого вводяться в систему, може не бути знайомим з деталями програми і обчислювальною машиною, на якій реалізована експертна система [9]. Тому з'являється необхідність зручного та зрозумілого інтерфейсу користувача для заповнення бази знань, щоб уникнути залучення додаткових інженерів для роботи з базою знань.

Це все зумовлює актуальність експертних систем, що накопичують знання висококваліфікованих експертів, у даному випадку в області медицини, та надають своєчасну рекомендацію лікарю. У даній роботі порушено питання використання експертної системи для аналізу стану пацієнта на критичні норми показників під час проходження сеансів гіпокситерапії.

1 ЗАДАЧА ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ

Найбільший інтерес у розвитку інформаційного забезпечення автоматизованих [16, 27] інформаційних технологій управління економічної, діяльністю представляють застосування в області штучного інтелекту. Однією з форм реалізації досягненні в цій області є створення експертних систем – спеціальних комп'ютерних систем, які базуються на системному акумулюванні, узагальненні, аналізі та оцінці знань висококваліфікованих фахівців (експертів). В експертній системі використовується база знань [21], в якій подаються знання про конкретну предметну область.

Експертні системи застосовуються для вирішення тільки важких практичних завдань. За якістю і ефективності вирішення експертні системи не поступаються рішенням експерта-людини. Рішення експертних систем мають "прозорість", тобто можуть бути пояснені користувачу на якісному рівні [22]. Ця якість експертних систем забезпечується їх здатністю міркувати про свої знання і висновки.

Задачі, що вирішують експертні системи, мають наступні особливості:

- не можуть бути задані в числовій формі;
- шуканий розв'язок не має цільової функції;
- не існує алгоритмічний шлях вирішення або його неможливо використовувати через обмеження на ресурси [42].

Важливість експертних систем полягає в наступному:

- технологія експертних систем істотно розширює коло практично значущих завдань, що вирішуються на комп'ютерах, рішення яких приносить значний економічний ефект [41];

- технологія ЕС є найважливішим засобом у вирішенні глобальних проблем традиційного програмування: тривалість і, отже, висока вартість розробки складних додатків [45].

У даній роботі була поставлена задача реалізації експертної системи для

моніторингу за станом хворого під час проведення сеансів гіпокситерапії. На сьогоднішній день це один з найрозповсюджених методів лікування гіпоксії. І головною проблематикою проведення таких сеансів є оцінка стану здоров'я та їх ефективності. Саме на основі цих факторів лікарі роблять висновки щодо характеру та доцільності проведення курсів гіпокситерапії. Система передбачає заповнення бази знань необхідними даними від провідних спеціалістів.

1.1 Вимоги до експертної системи

Під час проведення гіпокситерапії основним фактором є оцінка стану хворого та адаптація лікування до показників стану здоров'я. Таким чином необхідно розробити програмний комплекс, який реагував би на зміни в стані здоров'я пацієнта та на основі цих змін приймав рішення щодо характеру проходження курсу гіпокситерапії. Також необхідно аналізувати стан пацієнта на критичні показники, що змінюються під час проходження гіпокситерапії.

Дана система повинна зберігати інформацію про стан хворого під час проведення сеансів діагностики та лікування, щоб надалі мати можливість порівнювати результати в графічно-аналітичному режимі.

Головною задачею системи є можливість надавати поради рекомендаційного характеру щодо доцільності та ефективності проведення курсу гіпокситерапії, а також аналізувати стан хворого під час лікування на критичні значення параметрів його здоров'я. У випадках критичного стану система повинна мати змогу зупинити сеанс.

Тим самим система допоможе лікарю уникнути помилки під час проходження лікування пацієнтів, а медичним працівникам, що слідкують за самим процесом проходження лікування, уникнути погіршення стану здоров'я пацієнта.

Функціональна декомпозиція зображена на рисунку 1.1.

Додатково програма повинна виконувати перевірку правильності введених даних та видавати повідомлення про допущенні помилки.

У разі відсутності певних показників, система повинна замінити їх усередненим значенням. У разі перевищення критичних норм показників під час сеансу, система повинна видати повідомлення з рекомендацією припинення сеансу. Також має надаватись можливість порівняння даних по кільком сеансам.

Усі модулі, що підключені до експертної системи повинні відкриватися автоматично під час запуску сеансу. Кількість додаткових модулів необмежена.

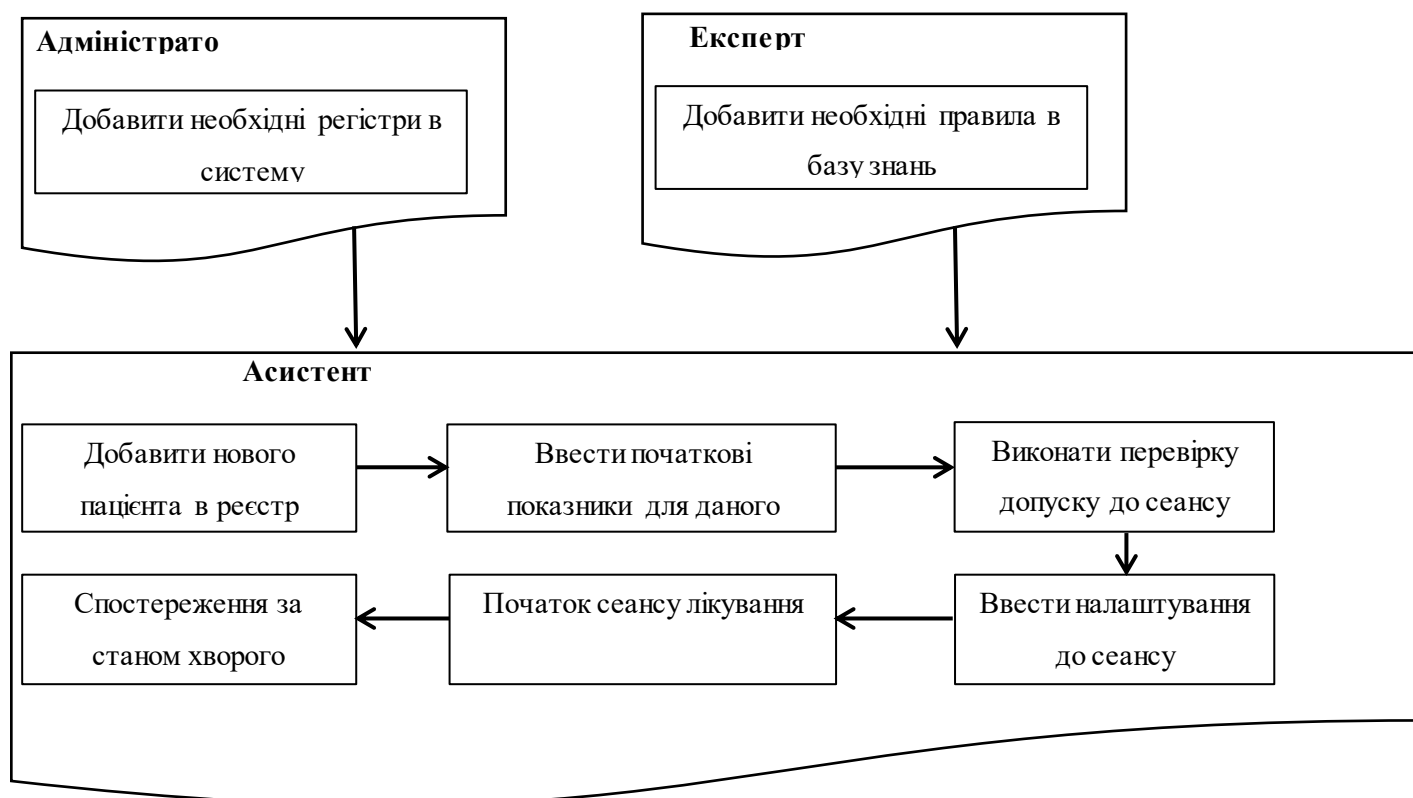


Рисунок 1.1 – Функціональна декомпозиція

Передбачається 3 типи користувачів програми:

- адміністратор – людина, що редагує реєстри для отримання вхідної інформації;
- експерт – досвідчений медичний працівник, що формує правила для бази знань.
- асистент – людина, яка безпосередньо проводить сеанси лікування та контролює стан пацієнта.

Загальна діаграма прецедентів зображена на рисунку 1.2.

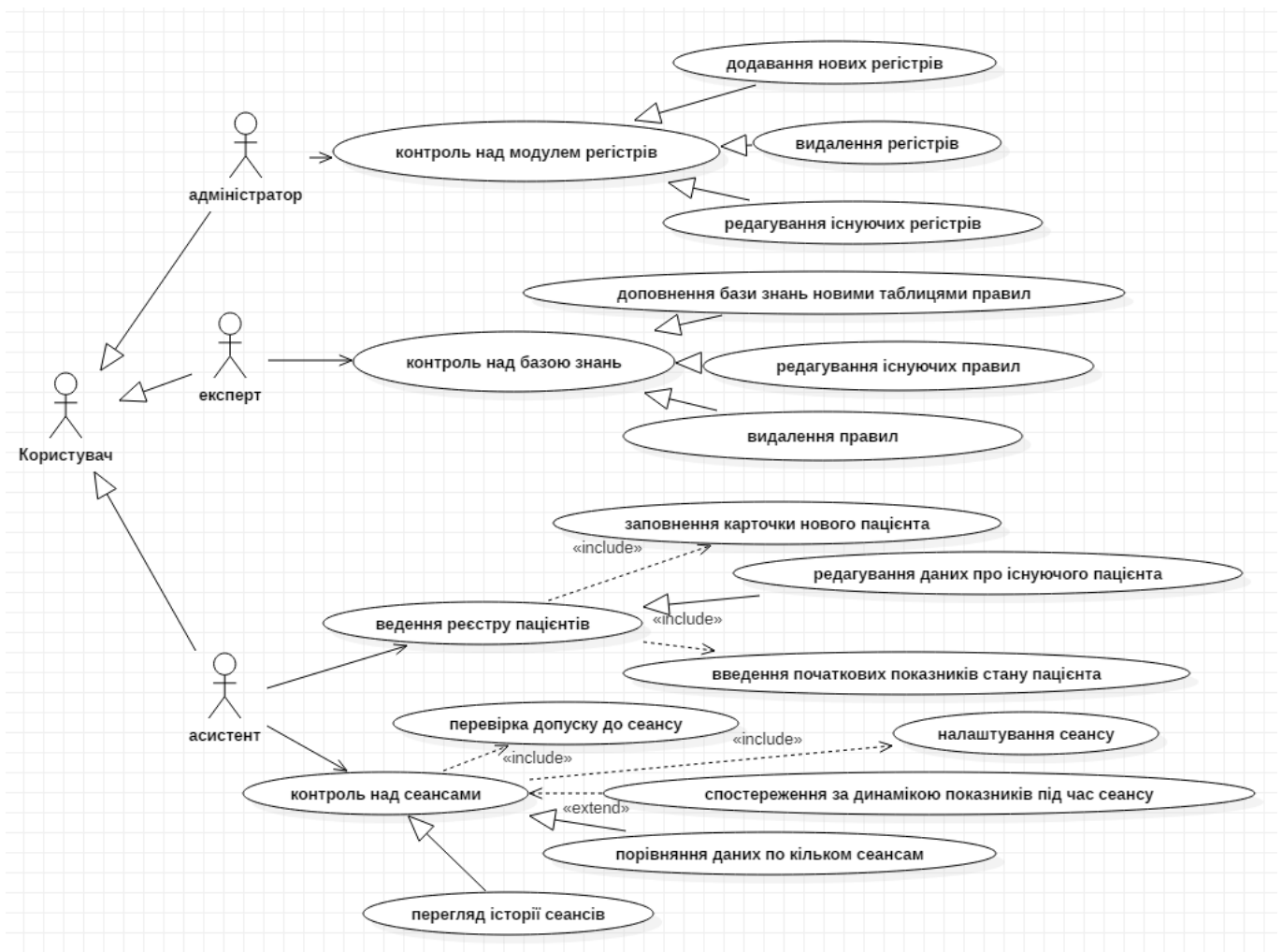


Рисунок 1.2 – Діаграма прецедентів

Кожна роль системи має обмежений набір можливих дій.

Висновки до розділу 1

Задача оцінки стану хворого під час проведення гіпокситерації на основі експертної системи полягає в тому, що на основі заповненої експертом бази знань, система повинна надавати своєчасну інформацію щодо стану пацієнта та необхідні рекомендації. В якості вхідних параметрів в систему подаються дані з гіпотрона та з віддалених модулів, які синхронізуються з системою. В результаті асистент має можливість спостерігати за комплексною картиною стану пацієнта під час сеансу.

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКСПЕРТНИХ СИСТЕМ

Експертна система зосереджує в собі професійні знання провідних експертів та фахівців, використовуючи їх для формування бази знань, що складається з набору взаємопов'язаних правил [46, 47]. Це дає змогу аналізувати наслідки різних рішень у вигляді питань "що буде, якщо...", не витрачаючи часу на трудомісткий процес програмування.

Створення експертних систем – це спроба значного розширення області застосування комп'ютерної техніки і суттєвого збільшення її можливостей як допомоги людині у її інтелектуальній роботі [43, 48].

2.1 Визначення експертної системи

Експертна система (ЕС) – це програмний засіб, що використовує експертні знання для забезпечення високоефективного рішення неформалізованих задач у вузькій предметній області [49, 51]. Основу ЕС складає база знань (БЗ) про предметну область, яка накопичується в процесі побудови та експлуатації ЕС. Накопичення і організація знань – найважливіша властивість усіх ЕС [21].

Одним із факторів, що відрізняє ЕС від традиційних програм є явність та доступність знань [38]. З цього випливають їх наступні властивості (рисунок 2.1):

- використання високоякісного досвіду для вирішення проблем, який представляє рівень знань найбільш кваліфікованих експертів в даній області [47];
- наявність прогностичних можливостей, при яких ЕС надає відповіді не тільки для конкретної ситуації, а й показує, як змінюються ці відповіді в нових ситуаціях, з можливістю детального пояснення яким чином нова ситуація привела до змін [47];

– поява нової якості – інституціональної пам'яті, в основі якої лежить накопичення бази знань за рахунок взаємодії з фахівцями і яка являє собою поточну політику цієї групи людей [27, 44]. В результаті отримується набір знань, що складається з кваліфікованих думок і постійно оновлюється за допомогою довідника найкращих стратегій і методів, що використовуються персоналом. Провідні фахівці йдуть, але їх досвід залишається;

– можливість використання ЕС для навчання і тренування керівних працівників, забезпечуючи нових службовців великим багажем досвіду і стратегій, за якими можна вивчати рекомендовану політику і методи [27].

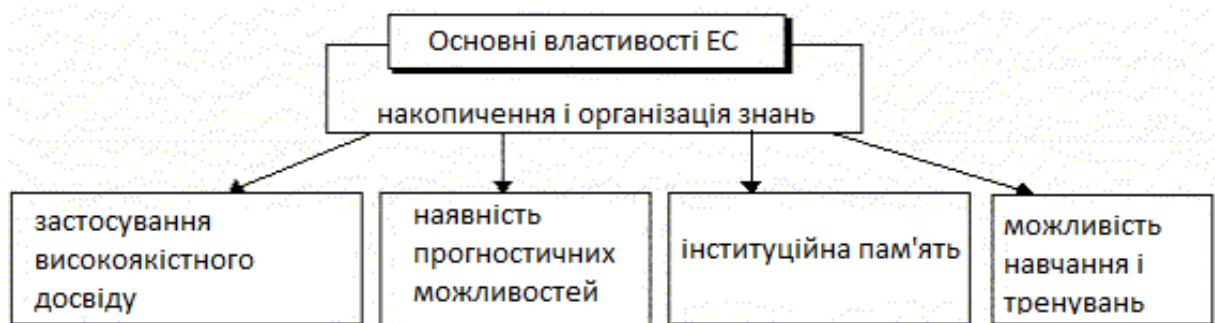


Рис 2.1 – Основні властивості експертних систем

Сукупність знань є основою будь-якої ЕС, вони структуровані з метою спрощення процесу прийняття рішення. Якщо говорити про фахівців з області штучного інтелекту, для них знання - це інформація, яка необхідна програмі, щоб вона вела себе "інтелектуально". Ця інформація надходить у формі фактів і правил [15]. Факти і правила в ЕС не завжди або істинні, або помилкові [5, 8]. Іноді існує деяка ступінь непевності в достовірності факту або точності правила. Якщо ця сумнів виражена явно, то вона називається "коефіцієнтом довіри" [8].

Багато правил ЕС є евристичними, або іншими словами – емпіричними правилами або спрощеннями. Вони значно обмежують пошук рішення [11]. ЕС використовують спрощення, так як не всі завдання являються до кінця зрозумілі, деякі не піддаються математичному аналізу або алгоритмічному вирішенню. Алгоритмічний метод гарантує коректне або оптимальне рішення задачі, тоді як евристичний метод дає прийнятне рішення в більшості випадків [13].

Організація знань в експертній системі є розподіленою, тобто знання про предметну область відділяються від інших загальних знань системи (знання про те, як вирішувати поставленні цілі, або знання про те, як взаємодіяти з користувачем) [24]. Ряд знань, які обмежуються конкретною предметною областю називаються базою знань, тоді як загальні знання про знаходження рішень задач називаються механізмом виведення. З цього можна зробити висновок що програмні додатки, які працюють із даним типом організації знань називаються системами, заснованими на знаннях [24, 34, 41].

БЗ складається з правил та фактів. Під фактами мається на увазі дані, які використовуються правилом для прийняття рішень [51].

Механізм висновку містить:

- інтерпретатор, що визначає як саме використовувати правила з ціллю виведення нових знань, покладаючись на інформацію, що зберігається в БЗ;
- диспетчер, який встановлює порядок застосування цих правил.

Такі ЕС називаються статичними ЕС і мають структуру, аналогічну рисунку 2.2. Вони використовуються в тих випадках, коли зміни зовнішнього світу не впливають на результат [24, 30].

Однак існує ряд додатків вищого класу, в яких необхідно враховувати динаміку зміни навколишнього світу за час виконання програми [36]. Такі експертні системи отримали назву динамічних ЕС. Їх узагальнена структура зображена на рисунку 2.3.



Рисунок 2.2 – Структурна модель статичної ЕС

В динамічну експертну систему, у порівнянні зі статичною, вводиться ще два додаткових компоненти [25]:

- підсистема моделювання зовнішнього світу;
- підсистема сполучення з зовнішнім світом.

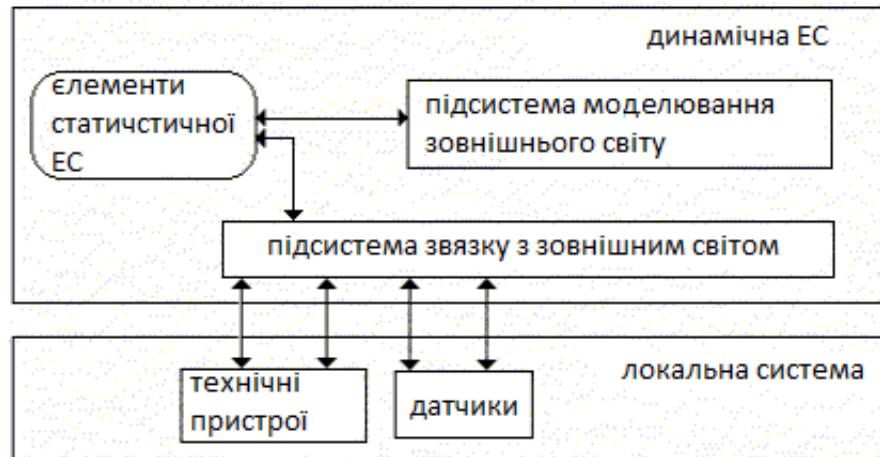


Рисунок 2.3 – Структурна схема динамічної ЕС.

Динамічні ЕС використовують систему контролерів і датчиків для зв'язку з зовнішнім світом [41]. Для цього істотно змінюються компоненти бази знань і механізми виведення. Це дозволяє відобразити тимчасову логіку що відбувається в реальному світі подій.

Серед таких середовищ розробки ЕС динамічного типу можна виділити сімейство програмних продуктів фірми Gensym Corp. (США) [11]. Один з таких продуктів система G2 – основний програмний продукт, що представляє собою графічне, об'єктно-орієнтоване середовище для побудови і супроводу експертних систем реального часу, призначених для моніторингу, діагностики, оптимізації, планування і управління динамічним процесом.

2.2 Типи експертних систем

Можна назвати кілька типів сучасних експертних систем.

1) Експертні системи першого покоління [19, 20]. Призначені для розв'язання добре структурованих задач, що вимагають невеликий обсяг емпіричних знань.

Сюди відносяться класифікаційні завдання і завдання вибору з наявного набору варіантів.

2) Оболонки ЕС. Мають механізм введення-виведення, але БЗ порожня. Потрібно налаштування на конкретну предметну область [19, 40]. Знання набуваються в процесі функціонування ЕС, здатної до самонавчання.

3) Гібридні ЕС. Призначені для вирішення різних завдань з використанням БЗ. Це завдання з використанням методів системного аналізу, дослідження операцій, математичної статистики, обробки інформації [20]. Користувач має доступ до об'єктивізованих знань, що містяться в БЗ і пакетах прикладних програм.

4) Мережеві ЕС. Між собою пов'язані кілька експертних систем [24, 41]. Результати вирішення однієї з них є вихідними даними для іншої системи. Ефективні при розподіленій обробці інформації.

Загальноприйнята класифікація експертних систем відсутня, однак найбільш часто експертні системи розрізняють за призначенням предметної області, методам представлення знань, динамічністю і складністю [15] (рисунок 2.4)



Рисунок 2.4 – Класифікація експертних систем

За призначенням класифікацію експертних систем можна провести наступним чином [27, 30]:

- діагностика стану систем, в тому числі моніторинг (безперервне відстеження поточного стану);
- прогнозування розвитку систем на основі моделювання минулого і сьогодення;
- планування та розробка заходів в організаційному і технологічному керуванні;
- проектування або вироблення чітких приписів щодо побудови об'єктів, які відповідають поставленим вимогам;
- автоматичне керування (регулювання);
- навчання користувачів і ін.

Класифікація експертних систем за методами представлення знань ділить їх на традиційні і гібридні [42]. Традиційні експертні системи використовують, в основному, емпіричні моделі подання знань і числення предикатів першого порядку. Гібридні експертні системи використовують всі доступні методи, в тому числі оптимізаційні алгоритми і концепції баз даних [51].

Висновки до розділу 2

Основною властивістю експертної системи являється накопичення та організація знань, що включає в себе застосування високоякісного досвіду, наявність прогностичних можливостей, інституційну пам'ять та можливість навчання та тренування. БЗ повинна містити факти (дані) і правила (або інші уявлення знань), що використовують ці факти як основу для прийняття рішень.

Загальноприйнята класифікація експертних систем відсутня, однак найбільш часто експертні системи розрізняють за призначенням предметної області, методам представлення знань, динамічністю і складністю.

3 ОПИС ОБРАНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ТА АНАЛІЗ АНАЛОГІВ

Програмним продуктом, функціонування якого базується на інтелектуальних механізмах прийняття рішень, є експертні системи (ЕС) [41]. Незмінно правильна, повна і позбавлена емоцій відповідь при будь яких обставинах – ця властивість ЕС може бути корисною під час діагностики в режимі реального часу та в екстремальних умовах, коли лікар може виявитися нездатним діяти з максимальною ефективністю, через наприклад втомленість або стрес [30, 32]. Для підвищення ефективності механізмів функціонування експертних систем надзвичайно важливим є забезпечення такої нової якості як інституціональна пам'ять, яка на наш погляд обов'язково повинна входити до складу бази знань ЕС [21]. Вона створюється за рахунок взаємодій з фахівцями організацій і являє собою поточну політику цієї групи людей. Цей набір знань стає збірником кваліфікованих думок з постійно обновлюваним довідником найкращих стратегій і методів, використовуваних персоналом, задіяним в системі медичної допомоги [27].

3.1 Сучасні медичні експертні системи

Експертні системи протягом тривалого часу використовуються в медицині для визначення захворювань [9]. Кожна система при цьому має обмежену область застосування, за рахунок першочергового напрямку розробки. Застосування цих експертних систем в областях, для яких вони не були розроблені, має певні труднощі, а інколи не є можливим, в тому числі тому що вони обмежені вбудованими способами виводу [21].

В нинішні часи медичні діагностичні системи будуються на основі декількох методів обробки інформації:

- побудова дерева рішень [27];
- статистична обробка даних;
- використання елементів штучного інтелекту [17].

Існуючі традиційні системи прийняття рішень, що базуються на явних правилах виведення, створюються, як правило, групою фахівців, в числі яких – математики, програмісти і предметні фахівці, що ставлять завдання [21, 22]. Можливості налаштування таких систем на кінцевого споживача часто недостатні.

Самонавчальні медичні експертні системи (ЕС) [43] прийняття рішень повинні відповідати таким вимогам:

- індивідуалізація (налаштування на традиції клінічних шкіл, геосоціальні особливості регіону застосування, набори медико-біологічних даних, особливості лікувально-діагностичних технологій, індивідуальний досвід і знання фахівця) [27, 43];
- динамічний розвиток (накопичення досвіду системи в процесі функціонування, слідуючи змінам в пунктах, зазначених у попередній вимозі) [43];
- можливість переналаштування при різкій зміні умов, наприклад, при перенесенні в інший регіон;
- здатність до екстраполяції результату – вимога, зворотна індивідуальності;
- система не повинна різко втрачати якість роботи при зміні умов [49];
- можливість конструювання з нуля кінцевим користувачем (фахівець повинен мати можливість придумати абсолютно нову ЕС і мати можливість просто і швидко створити її) [51];
- “нечіткий” характер результату. Рішення, що видається системою, не повинно бути остаточним. Воно може бути імовірнісним або пропонувати відразу кілька варіантів на вибір. Це дає можливість фахівцеві критично оцінювати рішення системи і не позбавляє його ініціативи в ухваленні остаточного рішення [49, 51];
- ЕС є тільки порадиником фахівця, не претендуючи на абсолютну точність рішення. Вона повинна накопичувати досвід і знання і значно прискорювати доступ до них [27, 43], моделювати результат при зміні умов завдання. Відповідальність за

рішення завжди лежить на фахівці. Більшість розроблених експертних систем задовольняють ці вимоги.

Найбільш відомі з них:

- PUFF – експертна система, що здійснює діагностику легеневих захворювань на основі легеневих функціональних тестів [2, 4];
- SPE – проводить діагностику станів при запальних процесах;
- ABEL – здійснює діагностику кислотних і електролітних захворювань;
- AI / RHEUM – діагностика захворювань сполучних тканин;
- CADUCEOS – діагностика внутрішніх захворювань загального профілю;
- BLUE FOX – діагностика і лікування депресивних станів;
- CASNET / GLACOMA – діагностика і лікування очних захворювань, пов'язаних з глаукомою;
- MYCIN – діагностика і лікування інфекційних захворювань; кількість коментарів [1];
- ONCOCIN – лікування хворих на рак хіміотерапією і спостереження за ними;
- RIP – діагностика захворювань нирок;
- МОДІС-2 – діагностика симптоматичної гіпертонії;
- GUIDON – навчальна система діагностики і лікування інфекційних захворювань [3].

Кожна з цих систем має вузьку область застосування і може використовуватися за призначенням тільки в ній [5-7].

Медичні експертні системи будуються на основі декількох підходів до обробки інформації. Використовуються наступні підходи.

Побудова дерева рішень. При використанні цього підходу в програмі протоколюється послідовність питань, що задаються лікарем при вирішенні діагностичної проблеми [43]. Такий протокол структурується у вигляді дерева, кожна вершина такого дерева являє собою певне питання, що задається хворому, а розгалуження, які виходять із вершини, відповідають альтернативним відповідями на питання і ведуть, в свою чергу, до нових питань. Програма здійснює перехід від

питання до питання до тих пір, поки не буде знайдено рішення або вичерпані можливі переходи [27, 38]. Недоліком такого підходу можна вважати наступне:

- при спробі побудувати подібні дерева для вирішення складних діагностичних задач кількість вершин і розгалужень стає настільки великим, що аналіз логічного дерева виявляється вкрай складним [27];

- найменші зміни, що вносяться до логіки програми, призводять до необхідності будувати дерево заново і перепрограмувати всю задачу [35].

У той же час такий підхід вкрай зручний, оскільки дозволяє увести в програмі логіку складання послідовності питань лікарем при вирішенні діагностичного завдання в клінічних умовах. Цей підхід дозволяє імітувати процес прийняття рішення лікарем при постановці діагнозу [35].

Статистична обробка даних. Цей підхід полягає в застосуванні методів математичної статистики. Він ґрунтується на обробці великих масивів інформації, зібраних по захворюваннях, що підлягають машинній діагностиці. Оброблена інформація може використовуватися різним чином [7, 8].

Частина медичних експертних систем базується на використанні теорії розпізнавання образів. При цьому необхідно мати деяку множину конкретних історій хвороб з відомими діагнозами. Такі множини аналізуються з метою визначення статистично “типового” для кожного захворювання картини - образу. Визначаються ті ознаки захворювання, які найбільш характерні для нього, виходячи із зібраної інформації, підданої статистичній обробці [11, 13]. “Типові” картини захворювань використовуються при аналізі історії кожного конкретного пацієнта, для визначення того, наскільки “схожий” розглянутий випадок на “типовий”. Оцінюючи “відстань” між порівнюваними картинами, програма формує рішення про діагноз [34].

Ряд методів комп'ютерної діагностики заснований на застосуванні теореми Баєса:

$$P(D_i/E) = \frac{P(D_i)P(E/D_i)}{\sum_{j=1}^n P(D_j)P(E/D_j)}$$

де $P(D_i/E)$ – умовна ймовірність появи ознак E при захворюванні D_i .

Безперечними перевагами статистичних методів є те, що з їх допомогою робиться спроба об'єктивувати наявну інформацію про захворювання [11].

Присутні у них також і суттєві недоліки.

Перший з них пов'язаний з тим, що інформація, необхідна для побудови статистичних моделей, часто відсутня. Для її накопичення, зберігання і обробки потрібні спеціальні засоби обчислювальної техніки, створення баз даних про захворювання [23]. Недостатня кількість систематизованої інформації по окремих областям медицини. Та й сама побудова статистичних моделей є непростю справою. Використання теореми Баєса має деякі обмеження, пов'язані з тим, що воно ґрунтується на використанні деяких припущень [43]. Насамперед, передбачається, що кожне захворювання має свої унікальні набори симптомів, в той час як на практиці часто зустрічається ситуація, коли однакові симптоми зустрічаються при різних захворюваннях. Інше допущення використовується при визначенні умовних ймовірностей появи ознак при захворюванні і засноване на незалежності симптомів між собою. Такі залежності, тим не менш, є і накладають суттєві обмеження на застосовність теореми. Ще один істотний недолік цих методів полягає в тому, що внесення в моделі нової інформації являє собою значні труднощі, тому що веде до зміни самої моделі і перерахунку всіх ймовірностей [34].

Також недоліком є неможливість пояснення лікарю і хворому того, яким саме чином отриманий даний результат. Причиною цього є те, що даний результат є наслідком математичних операцій і не має нічого спільного зі звичайним процесом прийняття рішення лікаря при обстеженні пацієнта [27, 34].

Обробка даних, побудована на основі використання елементів штучного інтелекту.

У таких системах робиться спроба моделювання здатності людини до розгляду предметної області та здійснення заключень з відкиданням найменш перспективних напрямків пошуку [11]. Для цього використовуються набори правил, що задаються апріорно і є, по суті, знаннями експертів в певній проблемній області. Саме якість знань визначає “компетентність” проблемно-орієнтованої експертної

системи [34]. Знання про проблемну область, формалізовані певним чином та зберігаються окремо від інших програм, що дозволяє модифікувати роботу системи, змінюючи набір знань і не зачіпаючи інших компонентів системи. Сукупність таких правил прийнято називати базою знань, в той час як сукупність даних про пацієнтів – базою даних [21, 34].

Існує два основні підходи до організації баз знань, що виражаються в різній структурі відповідних систем:

- опис відносин між описаними об'єктами;
- уявлення обробки знань у вигляді процедур.

Серед найбільш відомих способів подання знань згадаємо продукційний [30]. При цьому підході реалізується чіткий поділ між даними, операціями і управлінням. Можна виділити якусь глобальну базу даних (не слід її плутати з базою даних в традиційному розумінні), над якою виконуються деякі дії, описувані сукупністю правил продукції. Управління цим процесом відбувається відповідно до деякої глобальної стратегією управління [21]. Глобальна база даних – це структура даних, що аналізується і перетворюється системою. Вид бази залежить від розв'язуваної задачі і може бути простим (як, наприклад, спискова структура) або складним. Правила продукції складаються з двох частин: умова (ліва частина) і дію (права частина). Умова встановлює застосовність правила до бази даних [21, 30]. Дія полягає в зміні інформації в глобальній базі даних. Система управління вибирає, яке з кількох застосовних правил повинно бути використано, а також визначає момент припинення подальших дій шляхом перевірки термінальних умов на базі даних. Пошук рішення здійснюється на основі двох основних підходів [11]. Метод “відданих до мети” полягає в послідовній зміні бази даних усіма правилами, які можуть бути застосовані, і в пошуку після зміни нових застосовних правил. Пошук закінчується при наявності твердження, що є рішенням, або при виконанні умови припинення пошуку [30]. Метод “від мети до даних” зводиться до перевірки деяких тверджень, які можуть виступати в якості найбільш ймовірних рішень. При цьому проводиться пошук правих частин правил з метою виявлення шуканого твердження і перевірка лівих частин відповідних правил на базі даних – при підтвердженні або

гіпотеза вважається дійсною, або ліва частина розглядається в якості нової гіпотези [43].

Будь-яка експертна система продукційного типу повинна містити три основні компоненти: базу правил, робочу пам'ять і механізм виведення [11].

3.2 Опис обраної експертної системи

На основі дослідження аналогів було обрано до реалізації спеціалізовану експертну систему функціональної діагностики, в основу функціонування якої закладено механізми автоматичного логічного міркування (висновку) і методи, засновані на механізмах релевантного пошуку [30, 41]. Область прийняття рішень експертної системи формується областю зміни значень показників життєдіяльності організму, що підлягають моніторингу [49]. В нашому випадку це – пульс, тиск і температура. Діапазон зміни значення цих показників визначено з медичної практики лікарів на основі їх багаторічного досвіду [23]. В залежності від стану пацієнта показники життєдіяльності суттєво змінюються. З точки зору стану пацієнта, розроблена експертна система дистанційного моніторингу функціонального стану організму здатна діагностувати три стани: нормальний, небезпечний, критичний. У випадку прийняття експертною системою рішення про критичний стан організму система здійснює звернення до лікаря і генерує повідомлення, що може супроводжуватися звуковим і оптичним сигналами [30]. Однією із проблем, характерних для експертних систем, є проблема подання знань. Це пояснюється тим, що форма подання знань впливає на характеристики і властивості системи. Для можливості оперування знаннями з реального світу за допомогою ПК необхідно здійснити їхнє моделювання (за аналогією з побудовою концептуальних і логічних моделей БД) [10, 13]. При цьому необхідно відрізнити знання, призначені для обробки комп'ютером, від знань, що використовуються людиною. При проектуванні моделі подання знань варто враховувати такі фактори, як [6]:

- однорідність подання;

- простота розуміння.

Однорідність подання приводить до спрощення механізму керування логічним висновком і керування знаннями. Простота розуміння передбачає допустимість розуміння подання знань і експертом і користувачем системи [27, 43]. В іншому випадку ускладнюється механізм придбання знань і їхня оцінка. Але виконати ці вимоги рівною мірою як для простих, так і складних завдань досить складно. На сьогодні для подання знань використовують наступні моделі:

- моделі на базі логіки [30];
- продукційні моделі;
- моделі семантичних мереж;
- моделі, засновані на використанні фреймів.

Оскільки в нашому випадку ми маємо справу з чітко визначеною, добре дослідженою предметною областю медицини, зокрема визначення функціонального стану пацієнта по набору основних показників життєдіяльності організму, можна встановити формальні правила прийняття рішення експертною системою, або, іншими словами, формальні правила встановлення діагнозу [34, 36].

По суті модель оперування знаннями предметної області зводиться до наступного – система отримує певний набір показників і в залежності від результатів порівняння значень цих показників з нормативними показниками функціонального стану організму [41], введеними в базу даних лікарем-експертом, системою приймається висновок про один з трьох можливих станів організму пацієнта. В залежності від виконання чи невиконання умови системою приймається те або інше рішення [36]. Даний механізм прийняття рішення системою подання знань повністю узгоджується з моделлю подання знань на базі логіки. Основна ідея логічного підходу полягає в тому, щоб розглядати всю систему знань, необхідну для вирішення завдань предметної області, як сукупність фактів (тверджень) [51]. Факти представляються як формули в деякій логіці (формальні правила). Логічні моделі забезпечують розвинутий апарат висновку нових фактів з тих, які явно представлені в базі знань. Модель на базі логіки дозволяє представити знання у вигляді речень виду “Якщо (умова) – то (висновок)” [30, 51]. Основним правилом маніпуляції

знаннями є операція логічного висновку. Розглянуті особливості предметної області і механізмів подання знань вказують на доцільність створення спеціалізованої експертної системи саме на базі логіки [23]. Визначення конкретної моделі подання знань дозволяє нам побудувати логічну послідовність прийняття рішення експертною системою [34]. Схематичне представлення процесу прийняття рішення показано на рисунку 3.1.

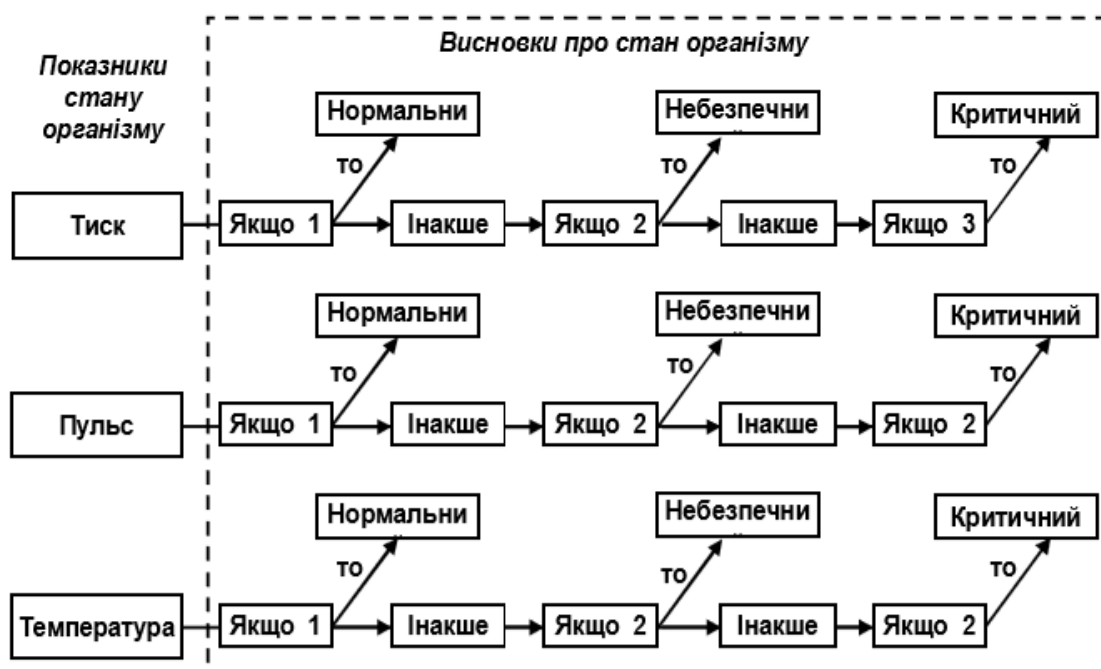


Рисунок 3.1 – Схематичне представлення логічної послідовності процесу прийняття рішення системою про стан пацієнта

На вхід машини логічного висновку надходять показники життєдіяльності організму пацієнта. Інформація надходить по трьох незалежних каналах передачі даних. Таким чином, отримується набір початкових даних, що характеризують стан пацієнта, на основі яких експертна система здатна реалізувати процес прийняття рішення і діагностувати стан пацієнта [18, 23]. Визначення стану пацієнта здійснюється шляхом аналізу даних, що надходять на предмет відповідності введеним в базу знань умовам, які визначають допустимий діапазон змін значень вхідних даних, що відповідає конкретному стану організму пацієнта. На рисунку 3.1 умови, які визначають згадані діапазони значень, позначені числами 1, 2 та 3. Умови визначалися і формалізувалися на основі досвіду і знань медичних працівників, які в

даному випадку були експертами [34]. Кожна умова (по суті, це група умов і обмежень) визначає, до якого стану організму (нормальний, небезпечний, критичний) відносяться показники життєдіяльності, які отримує система [36].

Таким чином, шляхом логічного висновку і пошуку відповідності вхідних даних до введених в базу знань критеріїв відбору і аналізу система здатна реалізувати незалежний процес прийняття рішення і визначити в автоматичному режимі стан пацієнта [51]. Реалізація процесу діагностування експертною системою за допомогою програмних засобів пов'язана із створенням певної послідовності умовних переходів і пошуку відповідності (рисунки 3.1). Процесор виведення шукає правила у базі знань, які можуть бути застосовані для пошуку нових даних на підставі поточних фактів з робочої пам'яті, таким чином, на кожному кроці виведення робоча пам'ять поповнюється новими відомостями [17, 30]. Такий процес триває до тих пір, поки не буде отримана необхідна інформація. Експертна система містить представлені у вигляді правил знання експерта, і здатна давати консультації (виробляти рішення) по завданнях, що зазвичай вирішуються експертами [43]. Сфера застосування експертних систем – це завдання, як правило, вузькоспеціалізовані, для яких відсутній чітко сформульований алгоритм рішення. За описаним принципом будуються багато медичних систем обробки інформації і експертного аналізу [11, 52]. Ці системи дозволяють на основі інформації про клінічні прояви і тестів зробити в короткий термін кваліфіковане укладення по кожному конкретному випадку і виробити оптимальну стратегію лікування хворого.

База правил (БП) – формалізована за допомогою правил продукції знання про конкретну предметну область [21, 26].

Робоча пам'ять (РП) – область пам'яті, в якій зберігається безліч фактів, що описують поточну ситуацію, і всі пари атрибут-значення, які були встановлені до певного моменту [11]. Вміст РП в процесі виконання завдання змінюється зазвичай, збільшуючись в обсязі в міру застосування правил. Іншими словами, РП – це динамічна частина бази знань, вміст якої залежить від оточення розв'язуваної задачі [36]. У найпростіших ЕС збережені в РП факти не змінюються в процесі виконання завдання, однак існують системи, в яких допускається зміна і видалення фактів з РП.

Це системи, що працюють в умовах неповноти інформації [30].

Механізм виведення виконує дві основні функції:

- перегляд існуючих в робочій пам'яті фактів і правил з БП, а також додавання в РП нових фактів; кількість порожніх рядків [34];
- визначення порядку перегляду і застосування правил. Порядок може бути прямим або зворотним [11].

Прямий порядок – від фактів до висновків. В експертних системах з прямими висновками відомих фактів відшукується висновок, який впливає з цих фактів. Якщо такий висновок вдається знайти, він заноситься в робочу пам'ять. Прямі висновки часто застосовуються в системах діагностики, їх називають висновками, керованими даними [30]. Зворотний порядок виведення – від висновків до фактів. У системах зі зворотнім висновком спочатку висувається деяка гіпотеза про кінцеве судження, а потім механізм виведення намагається знайти в робочій пам'яті факти, які могли б підтвердити або спростувати висунуту гіпотезу [11, 13]. Процес відшукування необхідних фактів може включати досить велике число кроків, при цьому можливо висування нових гіпотез (цілей). Зворотні висновки управляються цілями. Для виконання зазначених функцій механізм виведення включає компоненту виведення і керуючу компоненту [43]. Для реалізації поставленої задачі була вибрана експертна система з прямим порядком. Тому що дана експертна система повинна вирішувати задачі, що пов'язані з діагностикою пацієнта на певній базі знань, а також попередження та передчасне завершення сеансу лікування [13].

Головними питаннями на які повинна відповідати система є:

- Можливо допускати пацієнта до процедур?
- Які мають бути рекомендації при своєчасній зупинці сеанса?
- Оцінка проведення діагностики.
- Оцінка курсу лікування ІНГТ.

Тому для реалізації можливості надання відповідей на ці питання база знань складалась з критеріїв про:

- Протипоказання для проведення діагностики.
- Зупинку проведення процедури діагностики або лікування.

- Оцінку проведення діагностики.
- Оцінку курсу ІНГТ.
- Оцінку по геодинаміці та дихання.

Також слід відмітити що побудована експертна система є універсальною, адже в ній немає прив'язки до конкретної задачі. Для використання цієї експертної системи для інших задач необхідно лише сформувати базу знань експертних оцінок для конкретної задачі і сформувати модуль для вводу даних. Експертна система дозволяє виділити певні критерії, що перевіряються при отриманні нової інформації, та керувати сеансом.

3.3 Математична модель обраної системи

Експертна система включає в себе дві основні функції: перевірка поточних значень на критичні умови і оцінка результатів проведення сеансів. Система не має чітко вираженої математичної моделі, а має лише набір операцій які може виконувати система, що запрограмовуються експертом у вигляді правил при заповненні таблиць [33]. Основні операції що надає система – порівняння більше, менше, дорівнює, лежить в діапазоні параметрів відносно констант або відношень між відповідним значенням параметра при проведенні діагностики, лікування. Складова правила зображена на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Складова правила

Правило складається з кон'юнкції складових, а знаходження відповідного правила до значень проведеної сесії за допомогою диз'юнкції правил в кожній таблиці. Також надання комплексної відповіді про стан пацієнта після проведення сеансу надається за допомогою диз'юнкції знайдених правил в таблицях. Це відображено на рисунку 3.3.

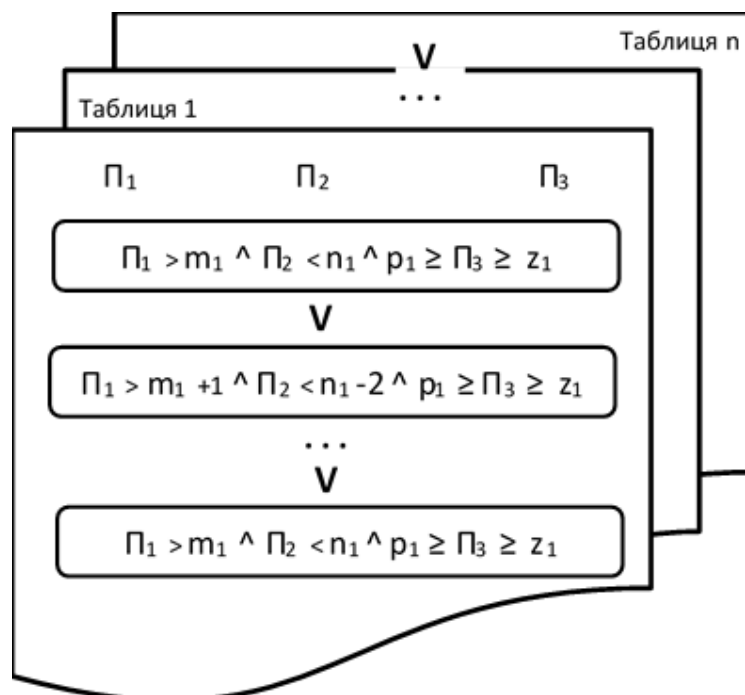


Рисунок 3.3 – Система правил

Параметри правила позначені через П1, П2, П3, а самі значення – m1, n1, z1.

Висновки до розділу 3

Оскільки ми маємо справу з чітко визначеною, добре дослідженою предметною областю медицини, можна встановити формальні правила прийняття рішення експертною системою, або, іншими словами, формальні правила встановлення діагнозу [35]. Модель на базі логіки дозволяє представити знання у вигляді речень виду “Якщо (умова) – то (висновок)”. Основним правилом маніпуляції знаннями є операція логічного висновку. Розглянуті особливості предметної області і механізмів подання знань вказують на доцільність створення спеціалізованої експертної системи саме на базі логіки. Визначення конкретної моделі подання знань дозволяє нам побудувати логічну послідовність прийняття рішення експертною системою. Слід відмітити що побудована експертна система є універсальною, адже в ній немає прив’язки до конкретної задачі. Для використання цієї експертної системи для інших задач необхідно лише сформулювати базу знань експертних оцінок для конкретної задачі і сформулювати модуль для вводу даних.

4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ

Програмний продукт являє собою комплексний набір модулів, що реалізують універсальну експертну систему та передбачають можливість синхронізації компонентами для обміну даними [14].

4.1 Архітектура ПЗ

Програма складається з 4 модулів та працює з 2-ма базами даних. Кожен з модулів виконує зобов'язання, що покладені на нього та розподілені в системі. Головним модулем є модуль-обгортка над базами даних, що інкапсулює усю логіку CRUD операцій, а також контролює та розподіляє доступ до баз даних.

В реалізованій системі дані розділяються на 2 типи :

- інформація про пацієнтів та результати їх лікування;
- дані щодо бази знань.

Наступний модуль – модуль, що зберігає усі налаштування та додатки системи, які використовують усі інші модулі, включаючи датчики, що надають інформацію від приладів та інших джерел інформацію щодо стану конкретних показників під час проходження сеансів лікування пацієнтом.

Головні модулі системи:

- модуль формування бази знань;
- модуль вводу інформації;
- модуль роботи з пацієнтом;
- модуль обробки результатів сеансу;

Модуль формування бази знань

Дозволяє експерту сформувати базу знань, шляхом введення критеріїв, задання параметрів і формування результатів. Тим самим експерт описує які данні

повинні проходити через той чи інший критерій і що має виконатись при відпрацюванні певного критерія. Також експерт може задавати критерії, які зупиняють виконання сеансу чи впливають на процес його проходження.

Модуль вводу інформації

Даний модуль дозволяє подавати дані в систему з подальшим їх збереженням та своєчасною обробкою через модуль обробки результатів чи з перевіркою на критичні значення, що супроводжуються зміною характеру сеансу. Модуль може отримувати дані з будь якого джерела даних, будучи це excel файлом чи фізичним пристроєм, що надсилає дані про хід сеансу пацієнта в режимі реального часу.

Модуль роботи з пацієнтами

Виконує задачі по роботі з пацієнтами, а саме створення нових історій хвороб для пацієнтів, проведення нових сеансів для існуючих пацієнтів, відображення стану пацієнта та хід його лікування.

Модуль обробки результатів

Є ядро системи, що виконує операції обробки збереженої інформації по ходу сеансу клієнта, а також виводить оцінки про курс лікування чи його проведення. Також виводить певні рекомендації при виникненні певних ситуацій, що описані в базі знань.

4.2 Інструкція розробника

Програмний продукт, а саме його візуальна частина, розроблений на WPF фреймворці з застосуванням паттерна програмування MVVM, де є чітке розподілення між сутностями з візуальними елементами та моделями, що описують їх логіку. Візуальний рівень програми складається з наступних класів:

Класи `SessionsWindow` та `SessionViewModel` – вікно та модель, що реалізують логіку щодо початку сеансу лікування, вибору його типу, налаштування параметрів сеансу та відображення інформації щодо стану пацієнту в режимі реального часу і результат проходження сеансу.

Класи `PatientWindow` та `PatientViewModel` – є стартовим вікном програми та відображають картки пацієнтів з можливістю додавання нового пацієнта та редагування існуючого. Також надають можливості переходу до налаштувань бази знань.

Класи `PatientInfoWindow` та `PatientInfoViewModel` – відображають інформацію щодо пацієнта та надають можливість збереження чи редагування існуючих.

Класи `OptionWindow` та `OptionsViewModel` – надають можливість додавати вхідні параметри в систему та конфігурувати їх, а також налаштовувати правила на критичні значення існуючих вхідних параметрів.

Класи `MainWindow` та `MainViewModel` – відображають збережені таблиці та їх правила експертної системи з можливістю створення нових чи редагування існуючих.

Вхідний модуль містить інтерфейс `ISensor`, що є хребтом для сутностей що реалізують його та містить прототипи функцій для початку сеансів лікування та обробку значень під час її проходження. Також містить 2 нащадки від інтерфейсу `ISensor` – `MockSensor` та `Sensor`. `MockSensor` є штучним адаптером, що виступає між гіпотроном та системою. Він генерує синтетичні дані, що слугують для проведення тестування системи.

Діаграми класів даної системи зображено на рисунках 4.2 – 4.5.

Модуль-обгортка баз даних складається з сутностей, що описують таблиці та зв'язки між ними за допомогою технологій `EntityFramework`.

Також даний модуль містить `WCF` сервіс, що слугує джерелом підключення сторонніх компонент. Головними його задачами є контроль підключених компонент, які використовують дані отримані від гіпотрона для проведення розрахунків за власними математичними моделями, та обмін даними між ними. В структуру модуля входять два менеджери, що реалізують логіку щодо `CRUD` операцій баз даних.

Останній модуль – модуль налаштувань системи складається з:

- Сутностей, що слугують для обміну даними між базою даних та іншими модулями.

- Контрактів для wsf клієнтів, що використовуються в сторонніх компонентах для обміну інформацією.
- Інфраструктури операцій, що описують правила таблиць експертної системи.

Експертна система підтримує 4 головні операції – більше, менше, дорівнює, лежить в діапазоні. Ці операції налаштовуються експертом під час конфігурування експертної системи в візуальному режимі.

Дані операції мають інтерфейс `IOperation`, що описує їх функції, а саме – задання контрольного значення, відповідного до якого проводять порівняння, функції для порівняння.

`OperationBase` реалізовує описаний інтерфейс та містить базову логіку для всіх операцій. Є нащадком для всіх операцій і реалізовує головну функцій за рахунок паттерну “абстрактної фабрики”.

Також існує клас-фабрика, що породжує об’єкти операцій відповідно до типу операції.

Діаграма залежностей типів зображена на рисунку 4.1.

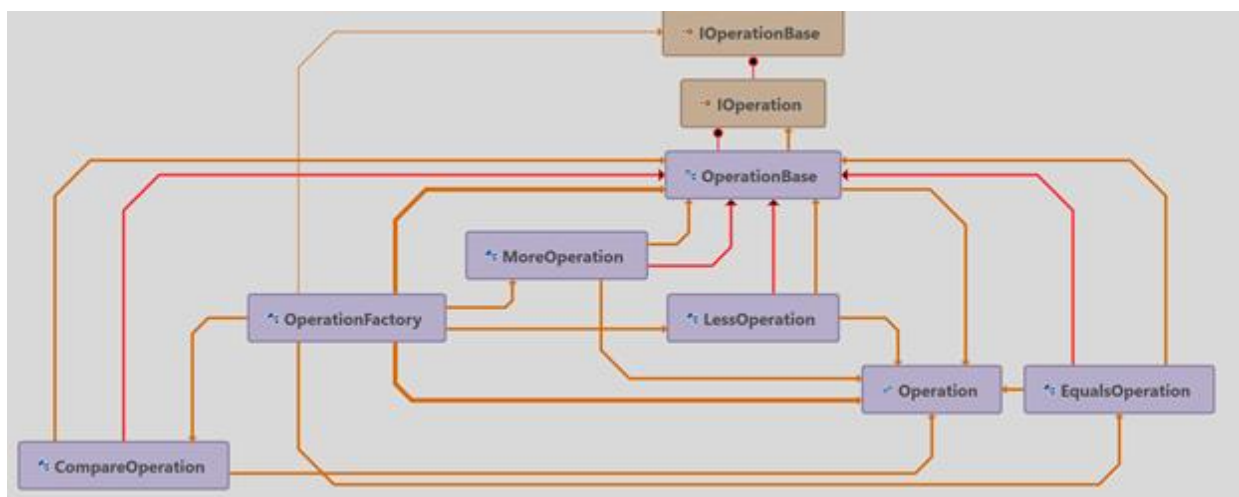


Рисунок 4.1 – Діаграма залежностей типів

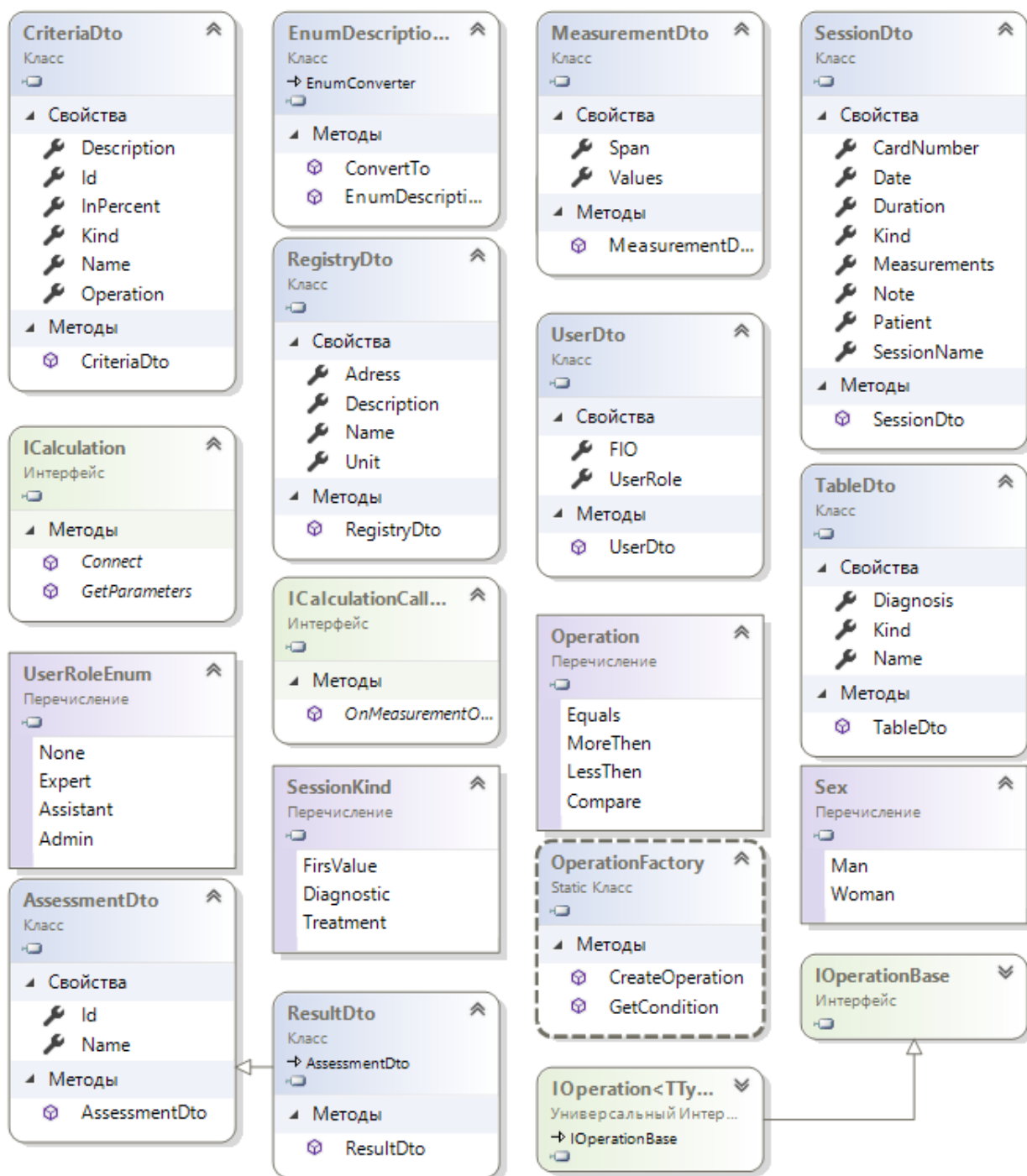


Рисунок 4.2 – Класи проміжного рівня, що описують складові системи

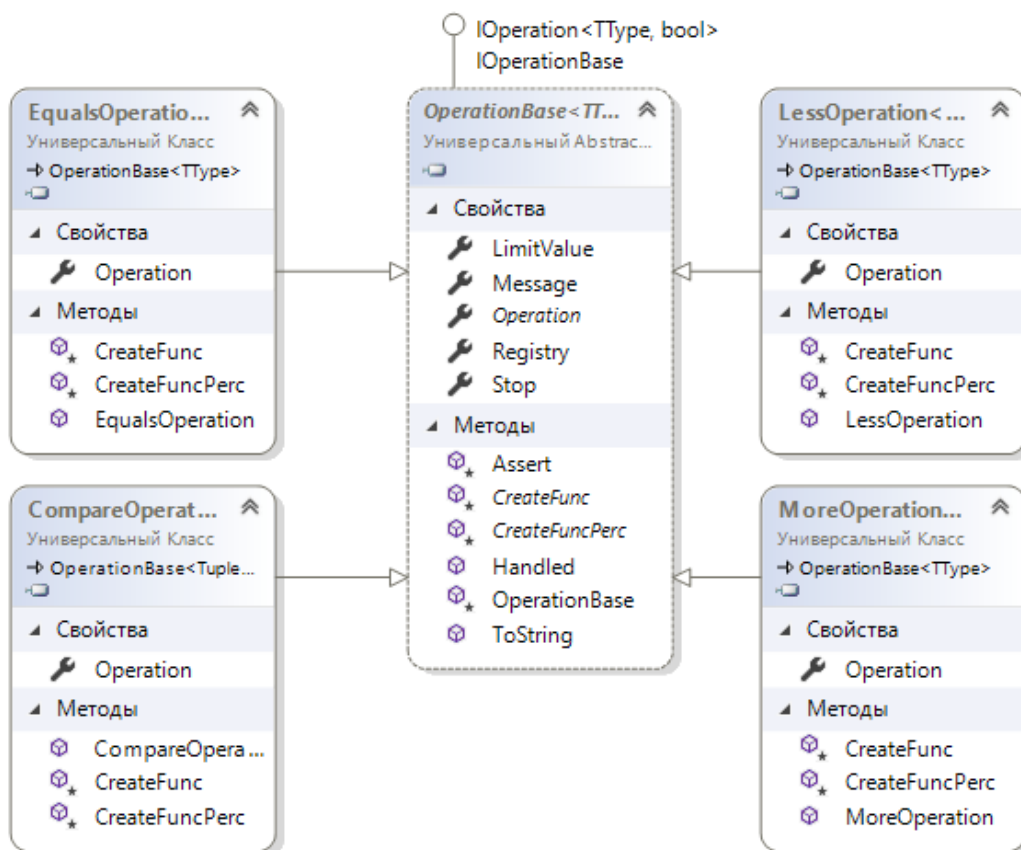


Рисунок 4.3 – Класи, що реалізують логіку порівняння

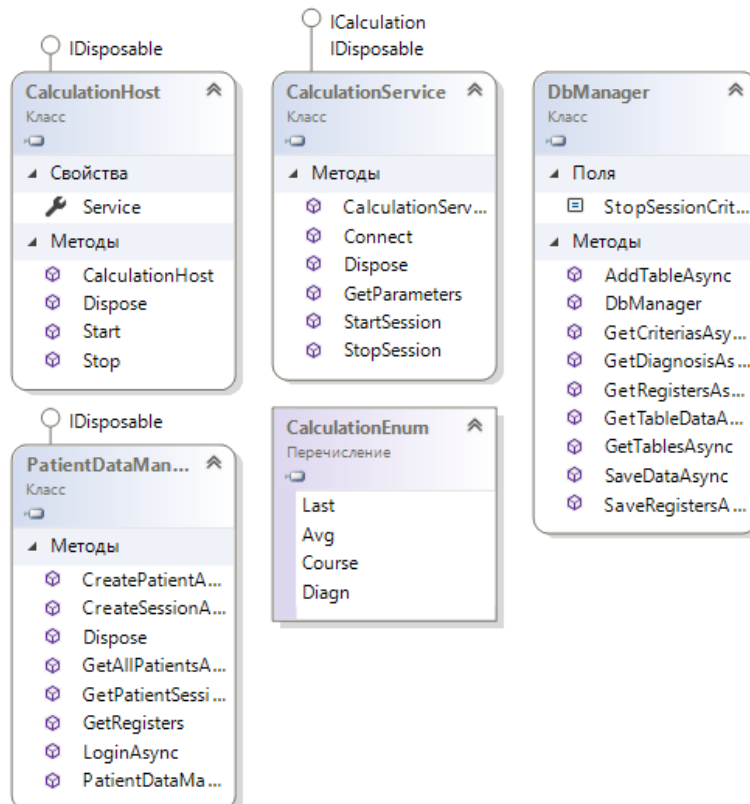


Рисунок 4.4 – Класи, що надають доступ до баз даних та значень сеансу зовнішнім модулям

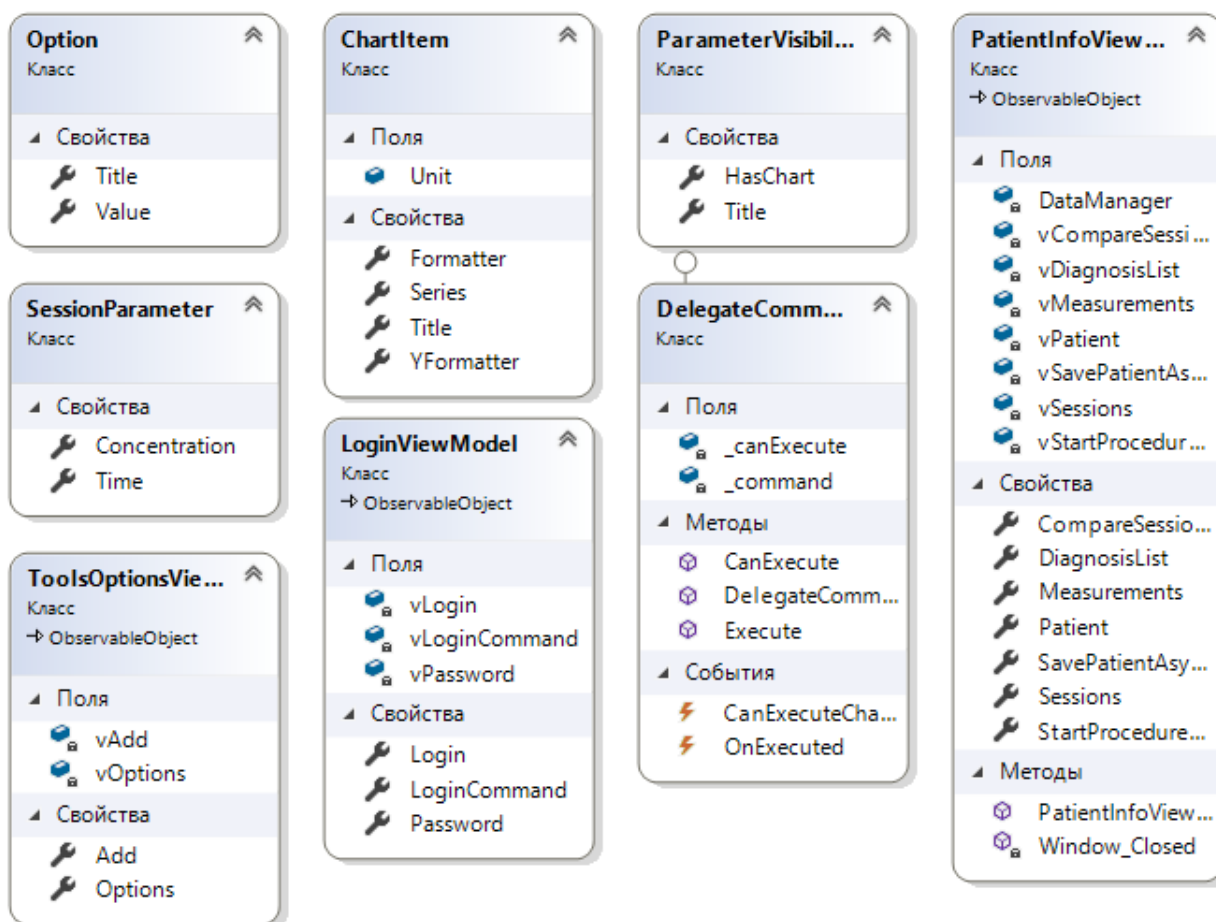


Рисунок 4.5 – Діаграма класів, що пов’язують backend та інтерфейс користувача

В загальному програма складається з 4 окремих проектів.

4.3 Структура бази даних

База даних пацієнтів складається з 4х таблиць (рисунок 4.6) :

- Пацієнт, що містить всю інформацію про пацієнта.
- Група, назва груп, що визначаються під час діагностики пацієнтів.
- Сеанси пацієнтів, містить інформацію про пройдені сеанси лікування пацієнтів.
- Користувач, що містить дані для аутентифікації користувача



Рисунок 4.6 – Концептуальна модель бази даних пацієнтів

База даних, що реалізовує базу знань зображена на рисунку 4.7.

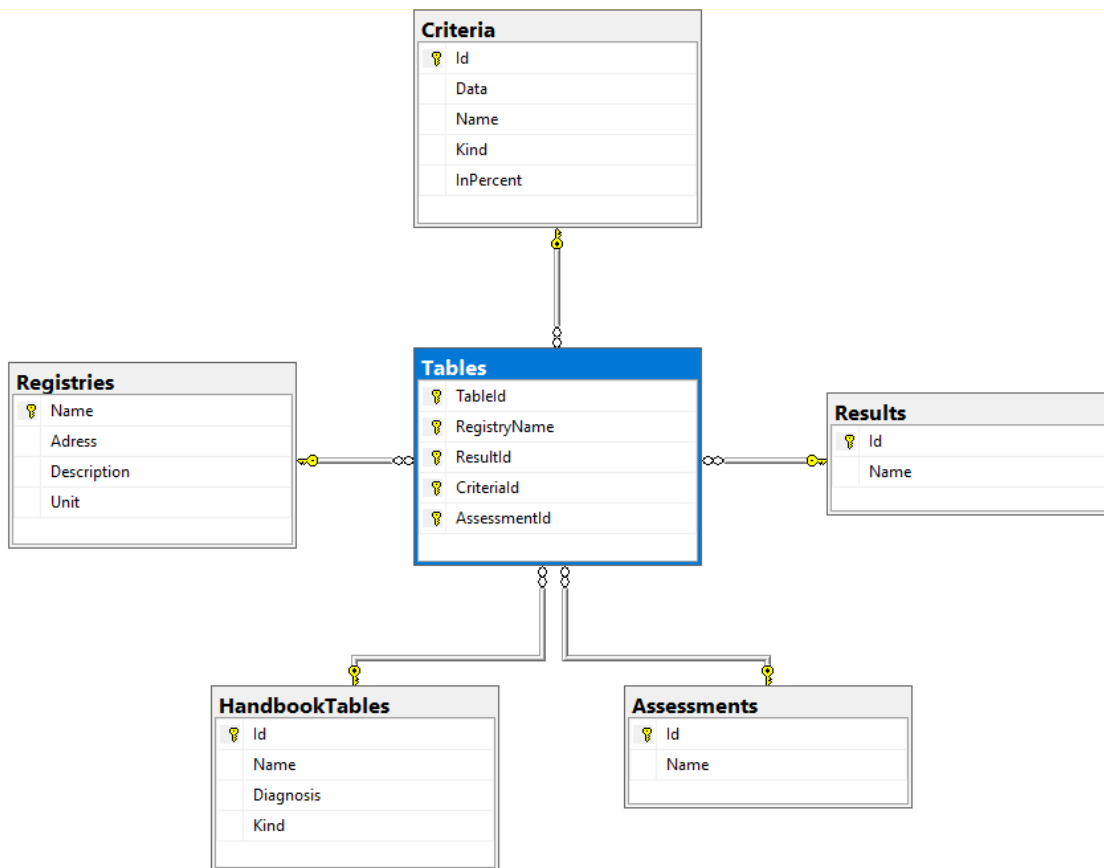


Рисунок 4.7 – Концептуальна модель бази даних знань.

Вона складається з 6 таблиць, а саме:

- Критерій, описує критерій, що використовуються під час пошуку результату експертною системою. Зберігає в собі десеріалізовані об'єкти операцій.
- Регістр, містить інформацію про вхідний параметр експертної системи.
- Результат, є ототожненням правила експертної системи.
- Довідник таблиць, зберігає інформацію про всі таблиці баз знань.
- Оцінка, зберігає оцінку для конкретного правила експертної системи.
- Таблиця складена таблиця, що агрегує таблиці Оцінка, Результат, Критерій, Довідник таблиці в одну сутність, тим самим створює правило для конкретної таблиці баз знань

Висновки до розділу 4

Створена експертна система повністю реалізовує поставлені задачі та не має аналогів на ринку. Система являється універсальною та підтримує підключення будь-якої кількості віддалених модулів для синхронізації.

Модулі даної системи можуть бути використані для подальшої модернізації, або як основа для нових систем. Бібліотеки передбачають оновлення та мають відкритий програмний код.

5 ІНСТРУКЦІЯ РОБОТИ З СИСТЕМОЮ

Після запуску програми, перед користувачем з'являється вікно входу в систему (рисунок 5.1). Після вводу користувачем персонального логіна та пароля відбувається автентифікація користувача в системі. Всього в системі передбачено три ролі користувачів: адміністратор, експерт та асистент. Користувач-асистент має доступ до модуля роботи з пацієнтами. Користувач-експерт має доступ до модуля роботи з базою знань. Користувач-адміністратор має доступ до налаштування реєстрів.

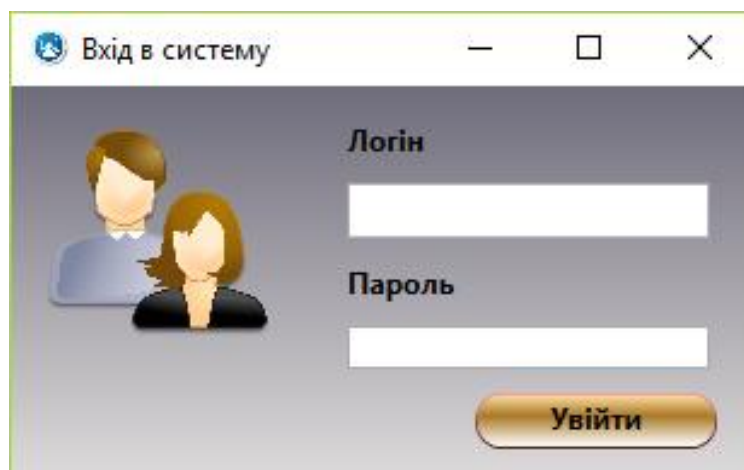


Рисунок 5.1 – Вікно входу в систему

Головне вікно програми відображає список вже зареєстрованих пацієнтів (рисунок 5.2). У таблиці виведені основні дані про пацієнта, а саме номер картки, прізвище, ім'я, дата народження, діагноз, дата реєстрації та кількість пройдених сеансів.

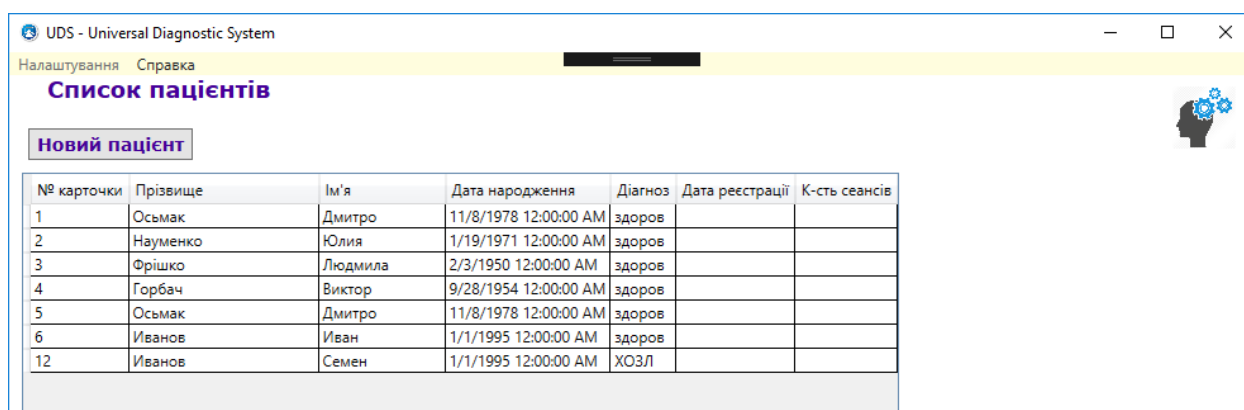


Рисунок 5.2 – Головне вікно програми

Для того, щоб додати нового пацієнта, необхідно натиснути кнопку «Новий пацієнт», що знаходиться у верхньому правому куті головного вікна програми. При цьому відкриється форма для вводу карточки пацієнта (рисунок 5.3). Необхідно ввести усі дані про пацієнта і натиснути кнопку “Зберегти зміни”. Після цього новий пацієнт з’явиться в списку пацієнтів головного вікна. Для редагування даних з карточки пацієнта необхідно двічі клацнути на пацієнта у списку. При цьому відкриється вікно з карточкою пацієнта, де можна ввести та зберегти зміни.

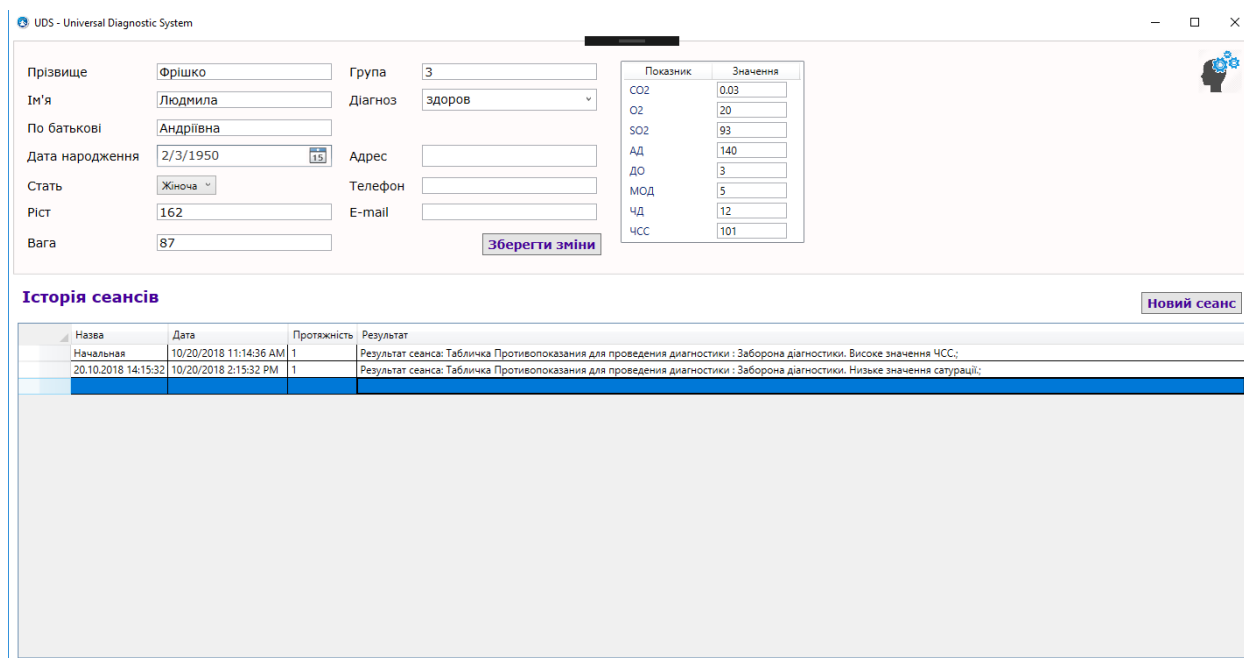


Рисунок 5.3 – Форма для заповнення карточки пацієнта

У вікні з карточкою пацієнта, зображеного на рисунку 5.3 також є можливість перегляду історій сеансів даного пацієнта, а саме даних про дату, протяжність та

результату сеансу (рисунок 5.4).

Історія сеансів

Назва	Дата	Протяжність	Результат
Начальная	10/20/2018 11:14:36 AM	1	Результат сеанса: Табличка Противопоказания для проведения диагностики : Заборона діагностики. Високе значення ЧСС;
20.10.2018 14:15:32	10/20/2018 2:15:32 PM	1	Результат сеанса: Табличка Противопоказания для проведения диагностики : Заборона діагностики. Низьке значення сатурації;

Рисунок 5.4 – Історія сеансів

Для початку проходження нового сеансу пацієнтом, необхідно в карточці пацієнта натиснути кнопку “Новий сеанс”. При цьому відкриється вікно для налаштування сеансу, зображене на рисунку 5.5.

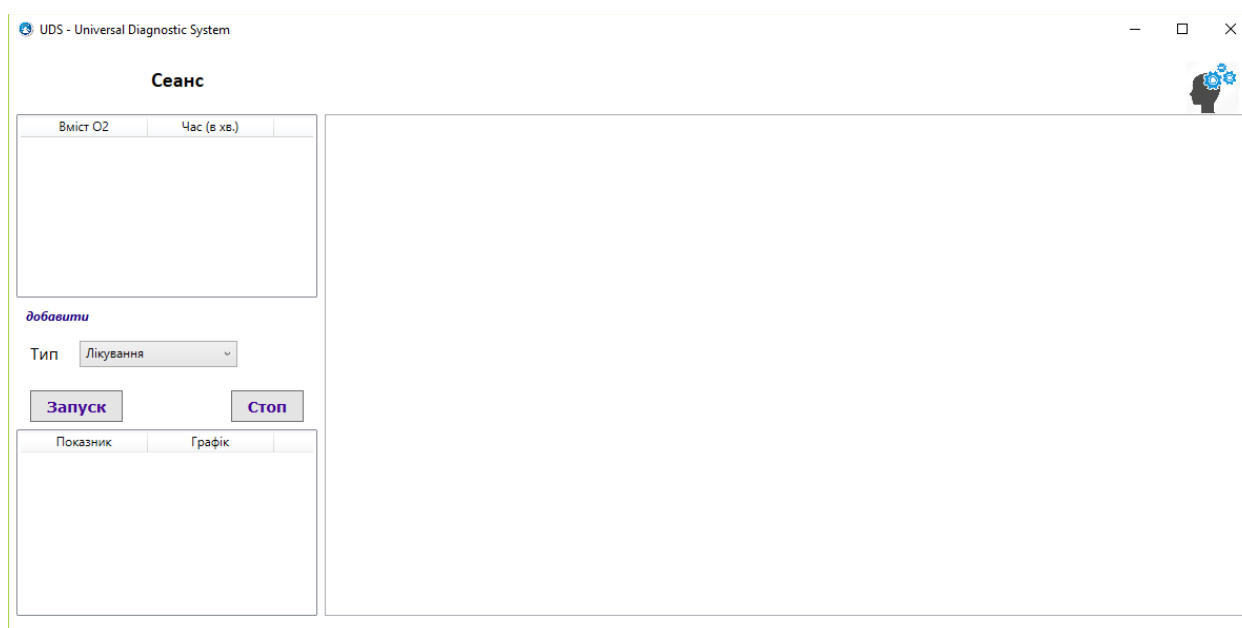


Рисунок 5.5 – Вікно для проведення сеансу

Спершу необхідно заповнити таблицю з налаштуванням сенсу, вказавши послідовно на скільки хвилин який відсоток кисню необхідно використати. Також потрібно обрати тип сеансу – лікування, діагностика чи допуск. Приклад заповнених налаштувань сеансу зображений на рисунку 5.6.



Рисунок 5.6 – Приклад заповнення налаштувань сеансу

Після заповнення налаштувань користувач може натиснути кнопку “Запуск” для початку сеансу. Після чого програма почне синхронізацію з приладом та іншими системами. У нижній лівій таблиці з’явиться список показників, які характеризують стан пацієнта на даний момент. Користувач має можливість вибрати для яких показників необхідно відображати динаміку зміни на графіку. Для цього необхідно поставити позначку навпроти потрібного показника (рис унок 5.7). Графіки динаміки показників знаходяться у правій частині вікна.

Для зупинки сенсу необхідно натиснути кнопку “Стоп”. Дані по сеансу зберігаються в історії сеансів даного пацієнта. Під час самого сеансу експертна система може видати повідомлення про критичний стан пацієнта з подальшими рекомендаціями. Також при повному завершенні сеансу система виведе повідомлення про результат проведення сеансу (рис унок 5.7).

Для динамічності експертної системи у програмі передбачена можливість заповнення бази знань користувачем. На основі правил, збережених в базі знань, експертна система проводить аналіз стану пацієнта під час проведення сеансу.

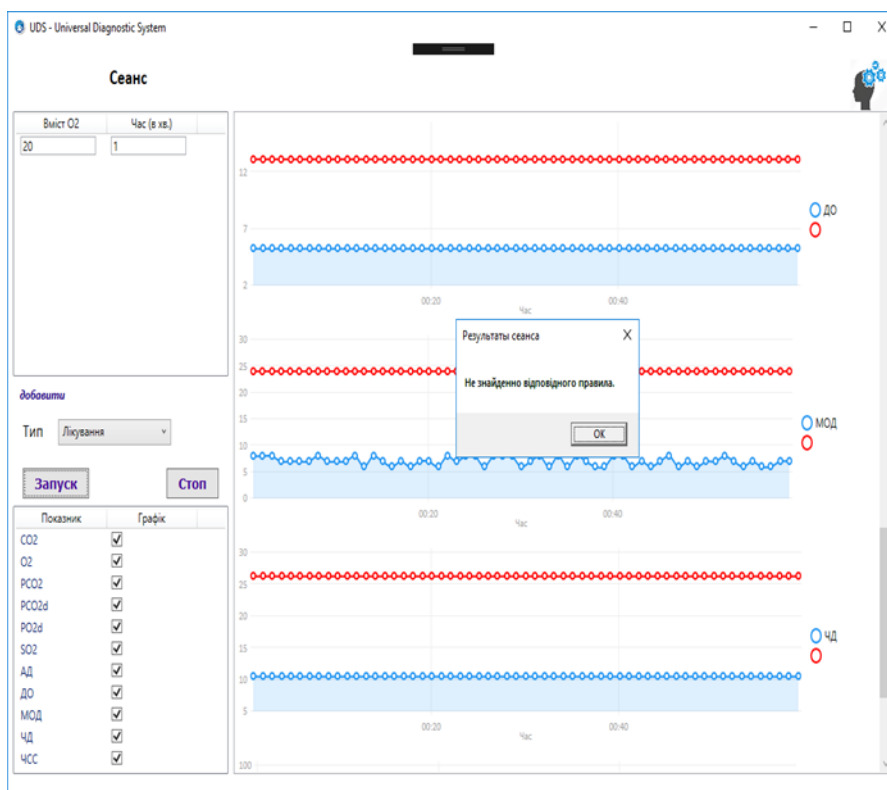


Рисунок 5.7 – Приклад відображення списку показників та відповідних їм графіків

На головному вікні програми є контекстне меню “Налаштування” (рисунок 5.8).

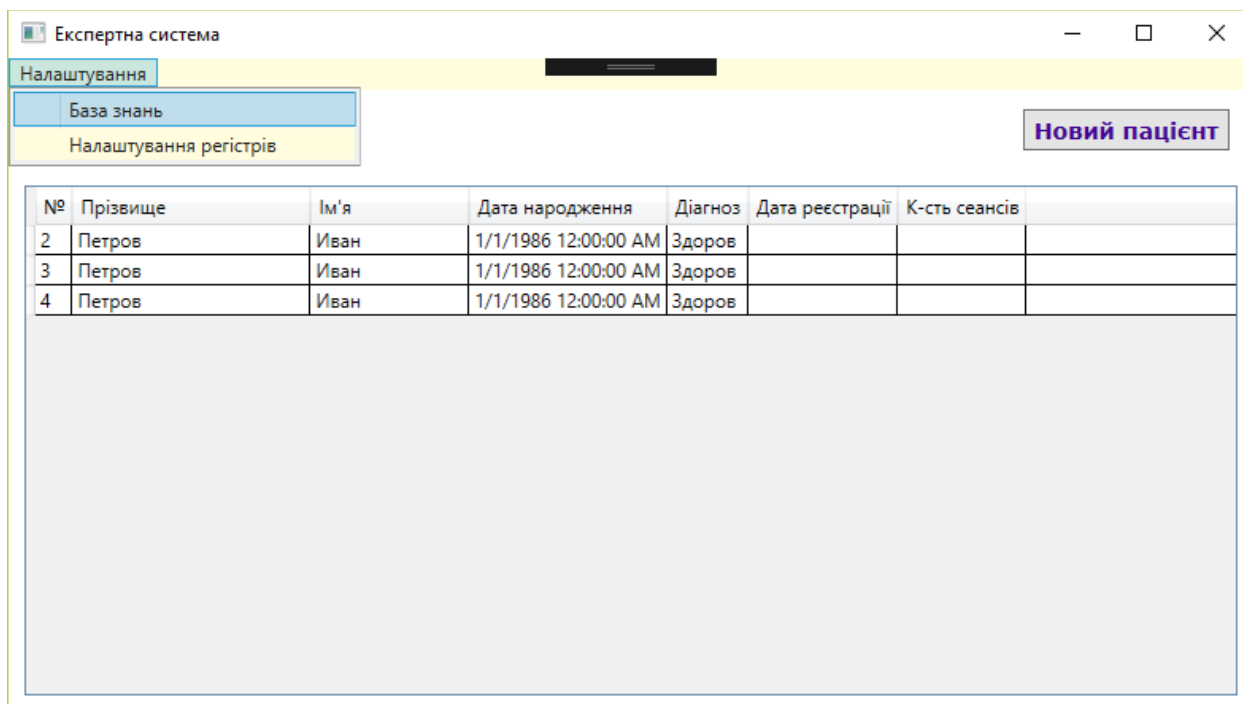


Рисунок 5.8 – Меню з налаштуваннями

При виборі користувачем пункту “База знань”, відкриється вікно з відображенням даних із бази знань (рисунок 5.9).

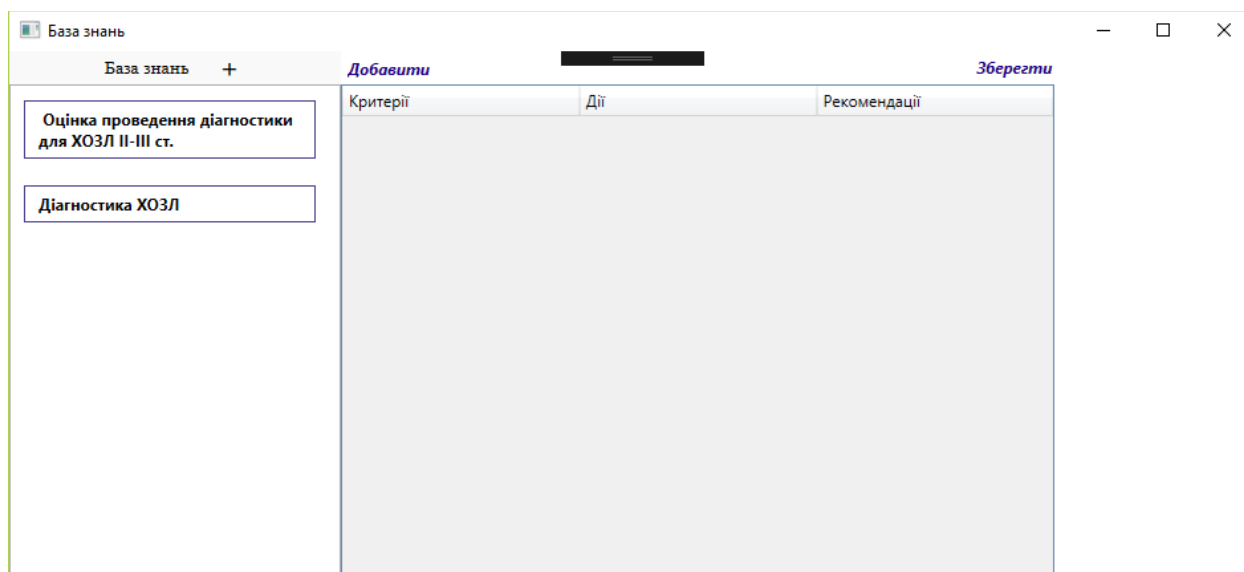


Рисунок 5.9 – Вікно з базою знань

У лівій частині вікна відображений список вже створених таблиць з правилами. Для додавання нової таблиці необхідно натиснути кнопку “+”, що знаходиться над списком таблиць. При цьому з’явиться модальне вікно для вводу назви таблиці (рисунок 5.10).

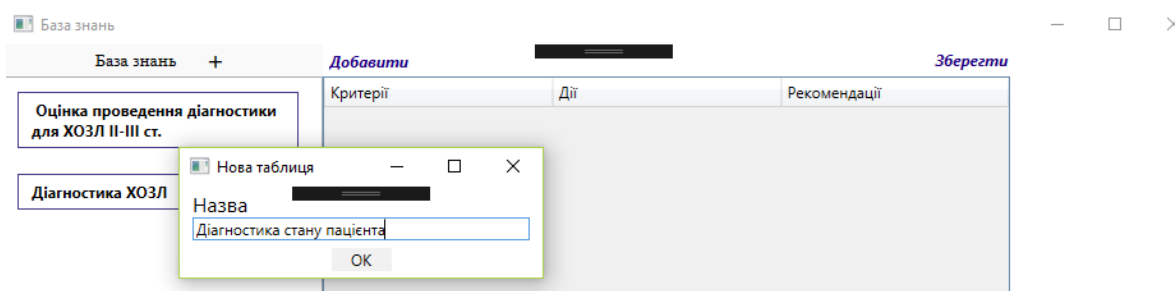


Рисунок 5.10– Додавання нової таблиці для правил

При виборі таблиці зі списку, у правій частині вікна загрузаються правила для даної таблиці. Їх можна редагувати та добавляти. Для додавання нового правила необхідно натиснути кнопку “Добавити” та заповнити необхідні поля. Також є можливість додати кілька критеріїв в одне правило.

Приклад заповнення правил зображено на рисунку 5.11.

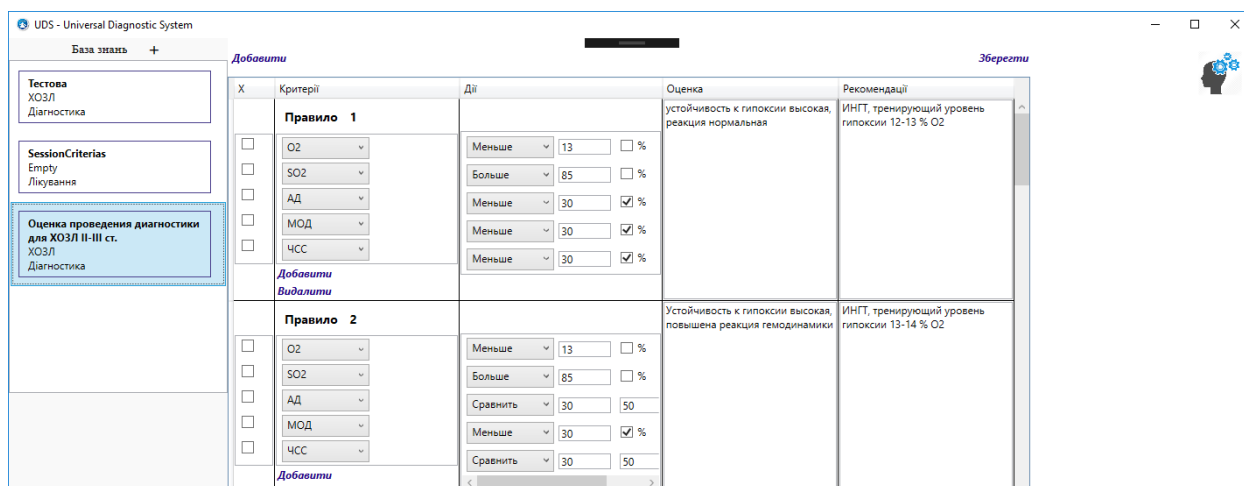


Рисунок 5.11 – Приклад заповнення правил

Далі для збереження введених даних необхідно натиснути кнопку “Зберегти”.

Данна експертна система включає в себе стратегію керування висновками виду розбиття задачі на під задачі. Тобто вона опрацьовує правила з усіх таблиць, що знаходяться в базі даних та відображає усі результати аналізу. Це дає можливість комплексної оцінки стану пацієнта.

5.1 Вимоги до системи

Технічні вимоги до програмного засобу:

- операційна система Windows 7 і вище;
- .Net Framework 4.7.2;
- 2Gb ОЗУ;
- 20 Мб пам’яті жорсткого диску;
- мережевий інтерфейс;
- MS SQL Server 2012.

5.2 Методика тестування

Тестування програмного продукту передбачає перевірку цілісності продукту

та включає наступні перевірки:

- відповідність вимогам, якими керувалися проектувальники та розробники;
- правильна відповідь для усіх можливих вхідних даних;
- виконання функцій за прийнятний час;
- практичність;
- сумісність з програмним забезпеченням та операційними системами;
- відповідність задачам замовника.

Якщо говорити про модуль з базою знань, він повинен виконувати наступні функції:

- 1) додавання нової таблиці з правилами (рисунок 5.12).

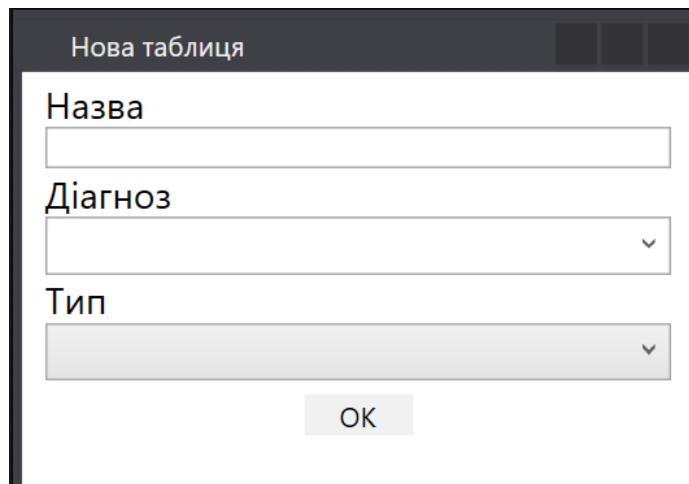


Рисунок 5.12 – Додавання нової таблиці

У даному вікні має бути перевірка на заповнення всіх полів та вивід повідомлення з попередженням в іншому стані (рисунок 5.13).

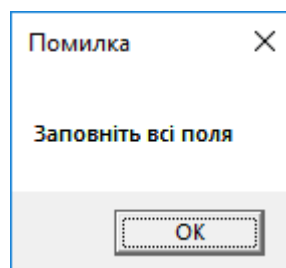


Рисунок 5.13 – Попередження

2) При виборі зліва зі списку таблиці, у правій частині вікна мають відобразитись відповідні їй правила.

3) У верхній частині вікна є кнопка додати, яка додає новий блок правил в таблицю. В самому блоці ж є можливість додати та видалити правило.

4) Система має видати повідомлення при некоректному заповненні блоку правил при їх збереженні (рисунок 5.14).

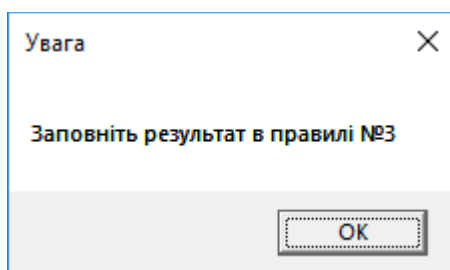


Рисунок 5.14 – Попередження при некоректному заповненні правила

5) Після успішного збереження система видасть повідомлення (рисунок 5.15).

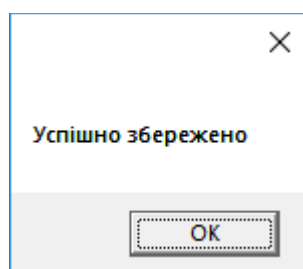


Рисунок 5.15 – Повідомлення про успішне збереження

Модуль налаштування реєстрів для адміністратора включає в себе наступний ряд дій:

1) У лівій частині є можливість додати новий реєстр у список.

2) Після заповнення всіх реєстрів та збереження система видає повідомлення про успішне збереження або помилку заповнення даних.

3) Після збереження реєстрів є можливість накласти на них критичні умови у правій частині вікна.

4) Кнопкою додати користувач додає нове правило, обирає реєстр на який воно буде прив'язано та вводить данні.

5) Перед збереженням система перевіряє на достовірність введених даних та виводить повідомлення.

Модуль роботи з пацієнтами для асистента включає в себе наступний ряд дій:

1) При заповненні карточки пацієнта, система повинна перевіряти на коректність вводу всі поля та виводити повідомлення у разі помилки (рисунок 5.16).

Field	Value	Error Message
Прізвище	О	Введено мало символів
Ім'я		Заповніть поле
По батькові	Дмитрович	
Дата народження	11/8/1978	
Стать	Чоловіча	
Ріст	180	
Вага	85	

Рисунок 5.16 – Валідація даних

2) При додаванні нового пацієнта, під час збереження карточки система перевіряє його початкові значення параметрів на критичні норми і виводить повідомлення про допуск до сеансу.

3) Для початку сеансу необхідно заповнити його налаштування – вказати який процент кисню та протягом якого часу буде подаватись у апарат.

4) На графіках червоною лінією позначена критична границя норми показників. При виході значення за границю система повинна видати повідомлення про необхідну зупинку сеансу.

5) Вкінці сеансу система аналізує результат по правилам із бази знань та видає повідомлення з результатом.

6) Результат сеансу зберігається в історії сеансів пацієнта.

Під час роботи з програмою можливий ряд критичних ситуацій (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 Критичні ситуації при роботі з програмою

Ситуація	Причина	Вирішення
Після входу в систему програма не запускається	Проблеми з підключенням до бази даних	Звернутись до адміністратора
Аварійне завершення системи	Внутрішня помилка програми	Подивитися логи ОП та звернутись у службу підтримки
Після сеансу система видала повідомлення що не знайдено правил	Відсутність необхідних правил у базі знань	Звернутись до експерта для дозаповнення даних
Не приходять данні з віддалених модулів	Некоректне налаштування підключення на віддаленому модулі	Перевірити налаштування

При будь якій іншій некоректній поведінці програми необхідно звернутися у службу підтримки.

5.3 Контрольні приклади

Оцінка проведення діагностики:

1) Задати діапазон вхідних даних (таблиця 5.2) та отримати результат (таблиця 5.3).

Таблиця 5.2 Діапазон вхідних даних

SpO2	O2	AT	ЧСС	ДО	ЧД	МОД
85–100	8–10	120–150	70–90	500–650	12–15	6000–8000

Таблиця 5.3 Результат

Оцінка			Рекомендації		
Стійкість до гіпоксії	Реакція гемодинаміки	Реакція дихання	ІНГТ	Тренуючий рівень гіпоксії	Додаткові обстеження та консультації
Висока	Нормальна	Нормальна	так	10	-

Повідомлення: Стійкість до гіпоксії висока, реакція нормальна. Рекомендації: ІНГТ, тренуючий рівень гіпоксії 10% O₂.

Результат виконання програми зображено на рисунку 5.18.

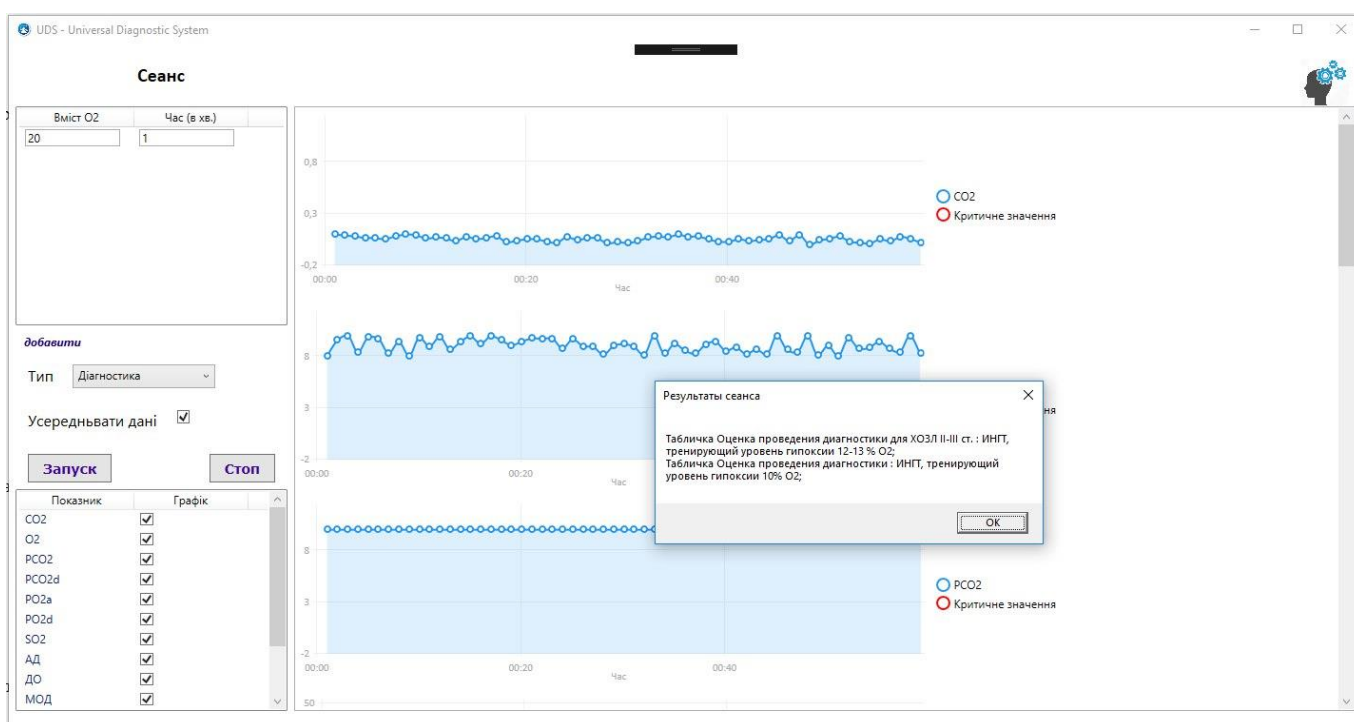


Рисунок 5.18 – Результат виконання програми

2) Наступний приклад описано в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 Діапазон вхідних даних

SpO ₂	O ₂	АТ	ЧСС	ДО	ЧД	МОД
85-100	8-10		70-90	500-650	12-15	6000-8000

Варіант 1: повідомлення про помилку. (Наприклад неможливо провести аналіз із-за неповноти даних)

Варіант 2: на основі відомих даних та існуючої БД, підставити значення та знайти невідомий показник (наприклад, використання нормального розподілу)

Якщо підставлене значення АТ буде в діапазоні 120-150, то результат буде таким як в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 Результат

Оцінка			Рекомендації		
Стійкість до гіпоксії	Реакція гемодинаміки	Реакція дихання	ІНГТ	Тренуючий рівень гіпоксії	Додаткові обстеження та консультації
Висока	Нормальна	Нормальна	так	10	-

Повідомлення: Стійкість до гіпоксії висока, реакція нормальна при визначеному АТ=120. Рекомендації: ІНГТ, тренуючий рівень гіпоксії 10% O₂.

Результат виконання програми зображено на рисунку 5.19.

The screenshot shows the UDS - Universal Diagnostic System interface. It includes a patient data form with fields for name, date of birth, sex, height, and weight. A table of physiological indicators (CO2, O2, PCO2, etc.) is displayed with values of 0. Below this is a 'Історія сеансів' (Session History) table with columns for Name, Date, Duration, and Result. The result column contains detailed text about the diagnostic session, including criteria and specific data points.

Назва	Дата	Протяжність	Результат
21.10.2018 15:28:56	10/21/2018 3:28:56 PM	0	Сеанс остановлен. Табличка SessionCriteria: Yce1;
11/30/2018 12:13:35 PM	11/30/2018 12:13:35 PM	1	Результат сеанса: Табличка Оценки проведения диагностики: ИНГТ, тренирующий уровень гипоксии 10% O ₂ ; Данные были усреднены!
07.12.2018 21:23:27	12/7/2018 9:23:27 PM	0	Сеанс остановлен. Табличка SessionCriteria: сахар крови, холестерин крови, холтер, ЭКГ+АД, консультация кардиолога;
10.12.2018 20:55:12	12/10/2018 8:55:12 PM	0	Результат сеанса: Табличка Оценки проведения диагностики для ХОЗЛ I-III ст.: ИНГТ, тренирующий уровень гипоксии 12-13 % O ₂ ;
10.12.2018 20:57:38	12/10/2018 8:57:38 PM	1	Табличка Оценки проведения диагностики: ИНГТ, тренирующий уровень гипоксии 10% O ₂ ; Дани усредненни! CO ₂ : 0,0696203157914083; O ₂ : 12,2137257530796; PCO ₂ : 10; PCO _{2d} : 40; PO _{2a} : 0; PO _{2d} : 110; SO ₂ : 90,8989310009718; АД: 90,6554404145078; ДО: 364,803886010363; МОД: 6,68186528497409; ЧД: 60; ЧСС: 60

Рисунок 5.19 – Результат виконання програми

Оцінка курсу ІНГТ:

1) Приклад вхідних даних зображено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 Діапазон вхідних даних

Перед лікуванням				Після лікування			
По SO ₂ і O ₂		По гемодинаміки та диханню		По SO ₂ і O ₂		По гемодинаміки та диханню	
SpO ₂	O ₂	АТ і ЧСС	МОД	SpO ₂	O ₂	АТ і ЧСС	МОД
85-100	8-10	120-150	70-90	85-100	8-10	120-150	70-90

Повідомлення:

Оцінка лікування по SO₂ і O₂ в газовій гіпоксичній суміші: стійкість до гіпоксії не змінилася. Рекомендації: повторити ІНГТ через 3 місяця

Оцінка лікування по гемодинаміці і диханню: Реакція гемодинаміки і дихання не змінилась. Рекомендації: повторити ІНГТ через 3 місяця.

Результат виконання програми зображено на рисунку 5.20.

The screenshot displays the UDS - Universal Diagnostic System interface. At the top, there is a form for patient information:

- Прізвище: Новиков
- Ім'я: Олександр
- По батькові: Олегович
- Дата народження: 01.01.1995
- Стать: Чоловіча
- Ріст: 189
- Вага: 67
- Група: 4
- Діагноз: здоров
- Адрес: [empty]
- Телефон: [empty]
- E-mail: [empty]

 A table on the right lists various indicators (CO₂, O₂, PCO₂, etc.) with their values, all set to 0. Below the patient form is a section titled "Історія сеансів" (Session History) with a table:

Назва	Дата	Протяжність	Результат
Начальная	12/1/2018 5:06:15 PM	0	Результат сеанса: Не знайдено відповідного правила...
12/1/2018 5:07:33 PM	12/1/2018 5:07:33 PM	1	Результат сеанса: Табличка Оценки проведения диагностики для ХОЗЛ. Табличка Оценки проведения диагностики: ИНГТ, тренирующий уровень CO ₂ : 0; O ₂ : 0; PCO ₂ : 0; PSCO ₂ : 0; PO _{2a} : 0; PO _{2d} : 0; SO ₂ : 0; АД: 0; ДО: 0; МОД: 0.
12/1/2018 5:09:23 PM	12/1/2018 5:09:23 PM	1	Результат сеанса: Табличка Оценки проведения диагностики для ХОЗЛ. Табличка Оценки проведения диагностики: ИНГТ, тренирующий уровень CO ₂ : 0; O ₂ : 8.80784140877089; PCO ₂ : 0; PSCO ₂ : 0; PO _{2a} : 0; PO _{2d} : 0; SO ₂ : 0.
12/2/2018 3:05:41 PM	12/2/2018 3:05:41 PM	1	Результат сеанса: Табличка Оценки проведения диагностики для ХОЗЛ II-III ст.: ИНГТ, тренирующий уровень гипоксии 12-13 % O ₂ . Табличка Оценки проведения диагностики: ИНГТ, тренирующий уровень гипоксии 10% O ₂ . Дані усереднені. CO ₂ : 0; O ₂ : 8.91376327091552; PCO ₂ : 0; PSCO ₂ : 0; PO _{2a} : 0; PO _{2d} : 0; SO ₂ : 0; АД: 131.203798672267; ДО: 572.297520661157; МОД: 6.47933884297521; ЧД: 12.8834710743802; ЧСС: 78.

 A "Результаты порівняння" (Comparison Results) window is open, showing a comparison of the current session with a previous one, with an "OK" button. Buttons for "Новий сеанс" (New session) and "Порівняти сеанси" (Compare sessions) are visible at the top right of the session history section.

Рисунок 5.20 – Результат виконання програми

2) Наступний приклад вхідних даних зображено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 Діапазон вхідних даних

Перед лікуванням		Після лікування	
По SO ₂ і O ₂	По гемодинаміки та	По SO ₂ і O ₂	По гемодинаміки та
	диханню		диханню

		диханню				диханню	
SpO2	O2	AT i ЧСС	МОД	SpO2	O2	AT i ЧСС	МОД
85-100	8-10	120-150	70-90	75-84	10-14	120-175	70-102

Повідомлення:

Відсутні правила в базі знаній для даної комбінації. Перевірте та доповніть базу знаній.

Результат виконання програми зображено на рисунку 5.21.

Рисунок 5.21 – Результат виконання програми

У даному випадку необхідно щоб експерт доповнив базу знань правилами.

Висновки до розділу 5

Розроблений програмний інтерфейс дозволяє виконати всі задані вимоги, а саме добавляти та редагувати дані про користувачів, проводити сеанси відповідно до збережених правил, спостерігати за динамікою зміни стану пацієнта протягом кількох сеансів. Програмний інтерфейс дозволяє експерту самостійно вносити нові правила в базу знань. Реалізована архітектура програмного засобу дає можливість синхронізації з віддаленими модулями для отримання вхідних даних.

6 СТАРТАП ПРОЕКТ

Проведення маркетингового аналізу стартап проекту виконується задля визначення принципової можливості його ринкового впровадження та можливих напрямів реалізації цього впровадження.

6.1 Опис ідеї проекту

Зміст ідеї проекту, можливі напрямки застосування та основні вигоди, що може отримати користувач товару виствітлено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1. Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Аналіз стану хворого на критичні показники під час проведення сеансу гіпокситерапії	Проведення сеансу гіпокситерапії	Автоматизація процесу контролю за станом хворого

Наступним кроком являється визначення кола конкурентів (таблиця 6.2) та їх слабких і сильних сторін [29].

Для порівняння було обрано два конкурента – Puff та MYCIN. Puff використовує базу знань та для вирішення проблеми передбачає діалог з користувачем. Система MYCIN оперує за допомогою досить простої машини виведення і бази знань з 600 правил. Після запуску, програма ставить користувачу (лікарю) довгий ряд простих «так / ні» або текстових питань. На основі відповідей система надає рекомендації щодо вирішення даної проблеми. Проте система майже не використовувалась на практиці у зв'язку з юридичними проблемами.

Таблиця 6.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик

№ п/п		(потенційні) товари/концепції конкурентів		
		Мій проект	Puff	MYCIN
1	W слабка сторона	Обмеженість набору шаблонів правил	Складність правил	Не використовується на практиці у зв'язку з юридичними проблемами
2		Відсутність модулю автоматичного сприйняття даних	Відсутня можливість динамічного додавання власних правил	Необхідно попередньо підготовлювати дані
3	N нейтральна сторона	Можливість усереднювати дані	Наявність декількох версій	Наявність гіпотез
4	S сильна сторона	Можливість додавати нові правила в інтерактивному режимі	Наявність модуля інтерпретатора правил	Наявність модуля сприйняття знань
5		Універсальність системи	Модуль отримання знань	База знань складається з незначної кількості правил

Можна зробити висновок, що в конкурентів більш переважає слабка сторона через складність правил та відсутності можливості динамічного додавання власних правил, що змушує попередньо підготовлювати дані. Також універсальність системи дає перевагу даному продукту перед існуючими конкурентами та збільшує його попит на ринку.

6.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Після проведення аудиту технології було визначено технологічну здійсненність ідеї проекту (таблиця 6.3) [28].

Таблиця 6.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Нативний інтерфейс користувача	WPF	Наявна	Доступна безкоштовно
2	Веб-інтерфейс користувача	Asp .Net Core	Наявна	Доступна безкоштовно
3	Крос-платформений інтерфейс користувача	UWP	Наявна	Доступна безкоштовно

Проаналізувавши технологічну дієздатність, можна зробити висновок що проект реалізувати можливо. Обрана технологія реалізації ідеї проекту - нативний інтерфейс користувача.

6.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Аналіз попиту та динаміка розвитку ринку відображена в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	360 грн
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Немає
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	50 %

Аналіз потенційних клієнтів стартап-проекту наведено в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Автоматизація процесу оцінки стану пацієнта під час гіпокситерапії	Медичні заклади	особливості купівлі: медичні заклади заключають довготривалі договори, а стартапери віддають перевагу пробному терміну	стабільність роботи Невисока ціна Наявність пробного періоду Наявність документації Підтримка необхідних платформ

Після визначення потенційних груп клієнтів було проведено аналіз ринкового середовища та виділено фактори загроз та можливостей (таблиці 6.6-6.7).

Таблиця 6.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Підходить для заміни існуючих аналогів	Для існуючих аналогів виникне потреба переформувувати отримані знання під нові правила	Додавання можливості автоматичної конвертації правил
2	Відсутність гіпотрону	Система не зможе отримувати дані про стан пацієнта під час проходження гіпокситерапії	Додавання можливості експорту даних з інших джерел
3	Обмеженість формалізованих знань	Відсутність повноти експертних знань або їх недостовірність	Створення загальної бази знань, що містить дані усіх компаній, що працюють в даній сфері

Таблиця 6.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Універсальність системи	Систему можливо використовувати в багатьох напрямках	Застосування експерної системи в багатьох напрямках
2	Відсутність повноцінних альтернатив	Існуючі альтернативи не надають можливості створювати динамічно правила	Оновлення даних в режимі реального часу

Для проведення аналізу пропозиції було визначено загальні риси конкуренції на ринку та проаналізовано існуючі види конкуренцій.

Аналіз пропозицій зображено на таблиці 6.8.

Таблиця 6.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	чиста	Прямі договори з стартапами, презентація продукту на виставках
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/ національний/...	національний	Публікація статей на міжнародних сайтах
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	внутрішньогалузева	Розвивати напрямки, нерозвинуті конкурентами
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	товарно-видова	Розповідати про свої переваги перед конкурентом у цій галузі

Таблиця 6.8. Продовження

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	Цінова	Надання функцій, які не надають конкуренти
6. За інтенсивністю - марочна/не марочна	марочна	Надання функцій, які не надають конкуренти

Після аналізу конкуренції було проведено більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 6.9) [37].

Таблиця 6.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники (Архітектори БД)	Клієнти (Розробники)	Товари-замінники
	Puff	MYCIN	Мінімізація витрат часу постачальників	Контроль якості	Лояльність споживачів
Висновки :	Визначити інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	Є можливість виходу на ринок, оскільки існуючі рішення не надають потрібних переваг	Постачальники підлаштовують я під ринок	Клієнти диктують вимоги згідно з умовами експлуатації	Обмеження для роботи на ринку через товари-замінники

На основі вище наведених даних було сформовано ряд факторів конкурентоспроможності (таблиця 6.10) [40].

Таблиця 6.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Відкритий програмний код	Існуючі конкуренти не надають доступ до коду своїх продуктів
2	Динамічність бази знань	Існуючі конкуренти не мають можливості ручного заповнення бази знань

За визначеними факторами конкурентоспроможності було проведено аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 6.11) [39].

Таблиця 6.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з PUFF (даним продуктом)				
			-2	-1	0	1	2
1	Відкритий програмний код	10		+			
2	Динамічність бази знань	20	+				

На основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін було складено SWOT-аналіз (матриця аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (таблиця 6.12) [12].

Таблиця 6.12. SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Можливість динамічного створення правил Універсальність системи	Слабкі сторони: Відсутність автоматичного надбання нових знань
Можливості: Інтеграція з іншими системами та усереднення даних	Загрози: Залежить від якості набутих знань Обмеженість правил

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту відображені в таблиці 6.13.

Таблиця 6.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Орієнтація поточної моделі на ринок стартаперів	50 %	200 год
2	Орієнтація поточної моделі на ринок державних установ	70 %	400 год
3	Орієнтація поточної моделі на ринок ентерпрайз	10 %	500 год
4	Переорієнтація на генерацію серверної частини	0 %	0 год
5	Переорієнтація на веб-розробку	10 %	90 год

Альтернатива, де отримання ресурсів є більш простим та ймовірним – №4 "Переорієнтація на генерацію серверної частини", що становить 80 відсотків. Це значення перевищує інші альтернативи [50].

Альтернатива, де строки реалізації є більш стислими – №1 "Орієнтація поточної моделі на ринок стартаперів". Терміни реалізації в цьому разі становлять лише 40 годин.

6.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 6.14) [53, 54].

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) автори ідеї

обирають цільові групи, для яких вони пропонуватимуть свій товар, та визначають стратегію охоплення ринку.

Таблиця 6.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Стартапери	Готові	Високий	Середня	Просто
2	Державні установи	Потребують недовгих переговорів	Середній	Середня	Складно
3	Ентерпрайз	Потребують довгих переговорів	Високий	Висока	Складно
Які цільові групи обрано: державні установи					

Для роботи в обраних сегментах ринку було сформовано базову стратегію розвитку (таблиця 6.15) [55].

Таблиця 6.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Орієнтація поточної моделі на ринок державних установ	Стратегія концентрованого маркетингу	Державні установи потребують швидкості розробки, яку надає підтримка декількох платформ даним продуктом	Стратегія спеціалізації (спирається на диференціацію)

Після визначення стратегії розвитку було обрано стратегію конкурентної поведінки (таблиця 6.16).

Таблиця 6.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

No п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Ні	шукати нових споживачів	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

З обраних сегментів до постачальника (державних установ) та до продукту була розроблена стратегія позиціонування (таблиця 6.17), що полягає у формуванні ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект [50].

Таблиця 6.17. Визначення стратегії позиціонування

No п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Стабільність роботи Невисока ціна Наявність пробного періоду Наявність документації	Стратегія спеціалізації (спирається на диференціацію)	Державні установи потребують швидкості розробки якісного ПЗ	Динамічна база знань, автоматична оцінка стану пацієнта на критичні норми, зупинка сеанса при необхідності

Основними вимогами до товару цільової аудиторії було виділено стабільність роботи, невисоку ціну, наявність пробного періоду та наявність документації.

6.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Для розроблення маркетингової програми стартап-проекту необхідно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару (таблиця 6.18).

Таблиця 6.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Універсальність системи	Можливість використовувати системи в інших галузях	Застосування в різних галузях
2	Зручність інтерфейсу	Динамічне створення нових правил	Інтерфейс що дозволяє динамічно створювати нові правила

Наступним кроком було розроблено трирівневу маркетингову модель товару (таблиця 6.19).

Таблиця 6.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Експертна система, що здатна оцінювати стан пацієнта під час проходження гіпокситерапії		
II. Товару реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е
	можливість оптимізації витрат часу	Нм	Тл
	можливість оптимізації витрат коштів	М	Вр/Е
	відповідність актуальним технологіям	М	Тх/Тл
	Відповідає вимогам ДСТУ ISO/IEC 25030:2015 Програмна інженерія.		
	Пакування: готовий до використання ехе пакет		
	Марка: UDS		
III. Товар із підкріпленням	Потенційний користувач може ознайомитись з поточним товаром з наукових конференцій та публічних виступів на яких була представлена інформація про даний продукт		

Захист проекту буде реалізовано за рахунок захисту інтелектуальної власності. А також назва та контент буде захищено ліцензією МІТ.

Визначення цінових меж відображено у таблиці 6.20.

Таблиця 6.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	500...1500 \$	1000...15000 \$	50000\$...100000 \$	2000...3000 \$

Визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення відображено у таблиці 6.21.

Таблиця 6.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Програма повинна встановлюватись клієнту без додаткових модулів, за додаткову плату підключаються додаткові модулі	Достовірність експертних знань, наявність необхідного обладнання в покупця	4: Розробник даного продукту - Дистриб'ютори - Користувач.	Проводити збут силами дистриб'юторів медичного обладнання

Оптимальною системою збуту було прийнято рішення проводити збут силами дистриб'юторів медичного обладнання.

На основі визначеної специфіки поведінки клієнтів було розроблено концепцію маркетингових комунікацій (таблиця 6.22), що включає поведінку цільових клієнтів, канали комунікацій, ключові позиції, обрані для позиціонування, Завдання рекламного повідомлення та концепцію рекламно звернення.

Таблиця 6.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Купують програми одразу з обладнанням	Дистриб'ютори медичного обладнання	Універсальність системи, система для вирішення неформалізованих задач	Довести, що програмний продукт зможе допомогти лікарям	Отримай кваліфікованого радника.

Основним каналами комунікацій, якими користуються цільові клієнти виступатимуть дистриб'ютори медичного обладнання.

Висновки до розділу 6

Розроблена система має переваги над існуючими конкурентами та може вирішувати певні задачі, що притаманні лікарям. Програма має шляхи подальшого розвитку, нові межі розширення та галузі застосування. Обрана технологія реалізації ідеї проекту - нативний інтерфейс користувача.

Основна цільова аудиторія – це працівники медичних закладів. Основним каналами комунікацій, якими користуються цільові клієнти виступатимуть дистриб'ютори медичного обладнання.

Основними вимогами до товару цільової аудиторії було виділено стабільність роботи, невисоку ціну, наявність пробного періоду та наявність документації.

Захист проекту буде реалізовано за рахунок захисту інтелектуальної власності. А також назва та контент буде захищено ліцензією МІТ.

ВИСНОВКИ

Задача моделювання експертної системи полягає в розв'язку неформалізованих задач задля можливості надавати поради рекомендаційного характеру щодо доцільності та ефективності проведення курсу гіпокситерапії, а також аналізувати стан хворого під час лікування на критичні значення параметрів його здоров'я. У випадках критичного стану система повинна зупинити сеанс. Тим самим система допоможе лікарю уникнути помилки під час проходження лікування пацієнтів, а медичним працівникам (асистентам), що слідкують за самим процесом проходження лікування чи діагностики, уникнути погіршення стану здоров'я пацієнта.

Основною властивістю експертної системи являється накопичення та організація знань, що включає в себе застосування високоякісного досвіду, наявність прогностичних можливостей, інституційну пам'ять та можливість навчання та тренування. БЗ повинна містити факти (дані) і правила (або інші уявлення знань), що використовують ці факти як основу для прийняття рішень.

У якості вхідних параметрів в систему подаються значення параметрів з інших віддалених модулів, включаючи Modbus. У системі передбачений функціонал для динамічного заповнення бази знань експертом. Для повноцінного початку роботи необхідно заповнити базу знань відповідними правилами, що описують норми вхідних показників.

Наукова новизна розробленого програмного додатку полягає в тому, що автоматизовано процес проведення сеансу гіпокситерапії, що дозволяє своєчасно виявити погіршення стану здоров'я пацієнта та при необхідності зупинити сеанс за рахунок експертної системи.

Програмний додаток передбачає в собі ведення реєстру пацієнтів та збереження історії сеансів з можливістю подальшого їх перегляду або порівняння. Під час реєстрації нового пацієнта, система перевіряє його вхідні показники на

критичні норми та аналізує можливість допуску даного пацієнта до сеансу.

Програмний додаток існує як самостійний модуль, що має можливість синхронізації з віддаленими системами для отримання вхідних параметрів. Кількість вхідних параметрів не обмежена.

Розроблене рішення дозволяє автоматизувати процес оцінки стану пацієнта під час сеансу гіпокситерапії, за рахунок аналізу параметрів на відповідні правила бази знань. Використання додатку передбачає наявність описаних правил експертом для вхідних показників. У випадку відсутності певних правил, система видасть попередження.

Рішення передбачає розширення функціоналу за рахунок додавання нових вхідних параметрів з описаними правилами.

Слід відмітити що побудована експертна система є універсальною, адже в ній немає прив'язки до конкретної задачі. Для використання цієї експертної системи для інших задач необхідно лише сформулювати базу знань експертних оцінок для конкретної задачі і сформулювати модуль для вводу даних.

Модулі даної системи можуть бути використані для подальшої модернізації, або як основа для нових систем. Бібліотеки передбачають оновлення та мають відкритий програмний код.

Розроблений програмний продукт має переваги над існуючими конкурентами та може вирішувати певні задачі, що притаманні лікарям. Програма має шляхи подальшого розвитку, нові межі розширення та галузі застосування. Основна цільова аудиторія – це медичні заклади.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adams J. B. A probability model of medical reasoning and the MYCIN model./ Adams J. B. – Mathematical Biosciences, 32. 1976. – 177-186 p.
2. Aiello N. A comparative study of control strategies for expert systems: AGE implementation of three variations of PUFF. / Aiello N. A. – In Proc. National Conference on Artificial Intelligence. 1986. – 1-4 p.
3. Aiello N. User-Directed Control of Parallelism: The CAGE System./ Aiello N. – Technical Report No. KSL-86-31, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University. 1986. – 1-30 p.
4. Aikins J. S. PUFF: an expert system for interpretation of pulmonary function data. In Readings in Medical Artificial Intelligence (Clancey W. J. and Shortliffe E. H., eds.). Chapter 19./ Aikins J. S., Kunz J. C., Shortliffe E. H. and Fallat R. J. – Reading, MA: Addison-Wesley. 1984. – 1-10 p.
5. Boose J. H. Expertise transfer and complex problems: using AQUINAS as a workbench for knowledge based systems./ Boose J. H., Bradshaw J. M. – International Journal of Man-Machine Studies, 26. 1987. – 1-28 p.
6. Boose J. H. Expertise Transfer for Expert System Design. / Boose J. H. –New York: Elsevier. 1986. – 23 p.
7. Boose J. H. Knowledge Acquisition Tools for Expert Systems. / Boose J. H., Gaines B. – New York: Academic Press. 1988. – 7-65 p.
8. Buchanan B. G. Rule-Based Expert Systems / Buchanan B. G. and Shortliffe E. H. – Reading MA: Addison-Wesley. 1984– 1-3 p.
9. Kononenko W. Machine learning for medical diagnosis: history, state of the art and perspective. / Kononenko W. – // Artificial Intelligence in Medicine. Ljubjana. 2001. – 89-109 p.
10. Lipmann R.P. “Pattern classification using neural networks” / Lipmann R.P. – IEEE Communications Magazine, 1989. – 47-67 p.

11. Naylor C. Build your own expert system / C. Naylor. – John Wiley&Sons Ltd., Chichester.1987. – 289 p.
12. SWOT-аналіз [Електронний ресурс] // Навчальні матеріали онлайн – Режим доступу до ресурсу: <http://pidruchniki.com/1577111551903/marketing/swot-analiz>.
13. Watanabe I. A. genetic algorithm for optimizing switching sequence / I. Watanabe, M. Nodu // IEEE Evolutionary Computation.2004. – Vol. 2. –1683-1690 p.
14. А. с. Україна. Експертна система для оцінки реакції організму на гіпоксичний вплив / М.С. Пекарчук, Л.Г. Полягушко, В.Г.Сліпченко (Україна). – заявл. 01.11.18.
15. Алтунин А.Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография / А.Е. Алтунин, М.В. Семухин. – Тюмень: Тюменский государственный университет, 2000. – 352 с.
16. Асаи К. Прикладные нечеткие системы: пер. с япон. / К. Асаи, Д. Ватада, С. Иваи; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
17. Барский А.Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений / Барский А.Б. – Москва: Финансы и статистика, 2004. – 25 с.
18. Белошицкий П.В. Проблема комплексных воздействий на организм / П.В. Белошицкий // Автоматизированный анализ гипоксических состояний. – М., 2003. – С. 49-50.
19. Бодянский Е. В. Искусственные нейронные сети: архитектура, обучение, применение / Бодянский Е. В., Руденко О. Г. — Харьков: ТЕЛТЕХ, 2004. — 372 с
20. Брукинл А., Ф. Экспертные системы. Принцип работы и примеры / Брукинл А., Кокс Ф. – М.: Радио и связь, 1987. – 264 с.
21. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб: Питер, 2000. – 384 с.
22. Головки В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. / Головки В.А. – Москва: ИПРЖР, 2001. – 13-50 с.
23. Гуляр С.А. Методика и программа расчета на ЭВМ показателей дыхания,

гемодинамики, дыхательной функции крови и кислородных режимов организма / С.А. Гуляр // Специальная и клиническая физиология гипоксических состояний. 1979. – Т. 3. – 24-37 с.

24. Джозеф Джарратано «Экспертные системы: принципы разработки и программирование»: Пер. с англ. / Джозеф Джарратано, Гари Райли — М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. — 1152 с.
25. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: пер. с англ. / Л. Заде. – М.: Мир, 1976. – 165 с.
26. Залюбовский И. Г. Правда и ложь информационных технологий. Часть 3 // Управление персоналом./Залюбовский И. Г. – 2009.- № 1 (203). – 34-39 с.
27. Залюбовский И.Г. Современным проектам резерва - современные технологии. // Управление персоналом / Залюбовский И.Г. – 2009, № 14.
28. Квашнин А. Как продвигать проекты коммерциализации технологий : серия методических материалов «Практические руководства для центров коммерциализации технологий» / М. Катешова, А. Квашнин, под рук. П. Линдхольма, проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006. – 52 с.
29. Квашнин А. Как управлять портфелем технологий и интеллектуальной собственностью : серия методических материалов «Практические руководства для центров коммерциализации технологий» / под рук. П. Линдхольма, проект EuropeAid «Наука и коммерциализация технологий», 2006. – 60 с.
30. Коваленко А.С. Экспертная система технического диагностирования интегрированной информационной системы / Коваленко А.С, А.А. Смирнов, А.В. Коваленко – Х.: ХУПС. 2013 – Вип. 6(113). – 120-136 с.
31. Кожанова А.О. Системи обробки інформації. / Кожанова А.О., Коваленко О.В.– Х.: ХУПС. 2013 – Вип. 6(113). – 255-257 с.
32. Колчинская А.З. Механизмы действия интервальной гипоксической тренировки. Интервальная гипоксическая тренировка (Эффективность. Механизмы действия) / Колчинская А.З. – Сб. научн. тр. Киев, 1992. – 107–

113с.

33. Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем(КМОСС-2018) : матеріали IV Міжнародної науково-технічної конференції (м.Дніпро, 1-2 листопада 2018 року) / Міністерство освіти і науки України, Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». – Дніпро:Баланс-клуб, 2018. –104-106 с.
34. Лорьер Ж.Л. Системы искусственного интеллекта: пер. с франц. / Ж.Л. Лорьер. – М.: Мир,1991. – 568 с.
35. Маллинс, Дж. Поиск бизнес-модели : как спасти стартап, вовремя сменив план / Дж. Маллинс, Р. Комисар ; пер. с англ. М. Пуксант и Е. Бакушевой. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 329 с.
36. Мацяшек Л.А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML.: пер. с англ. / Л.А. Мацяшек. – М.: Вильямс, 2002. – 432 с.
37. Модель п'яти сил конкуренції за М. Портером [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://stud.com.ua/45490/ekonomika/>.
38. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. / Осовский С. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 244 с.
39. Петруненко А. Оценка коммерческой привлекательности проекта [Електронний ресурс] // Технологический бизнес. – 1999. – № 2. Режим доступа: <http://www.techbusiness.ru/tb/archiv/number2/page01.htm>
40. Пирогова Е.Л. Количественная оценка уровня здоровья лиц разного возраста и способ его прогнозирования / Пирогова Е.Л. // Сб. тр. науч. конф. «Здоровье человека: технология формирования здравоохранителя в системах образования и здравоохранения Украины». – Днепропетровск, 1995. – Вып. 2. – 20-22 с.
41. Питер Джексон Введение в экспертные системы // Introduction to Expert Systems./ Питер Джексон – 3-е изд. – М.: Вильямс, 2001. – 624 с.
42. Погудина О.К. Информационная система обоснования характеристик высокотехнологичных проектов / О.К. Погудина, Д.В. Божко //

Радіоелектронні і комп'ютерні системи. 2008. – № 3 (30). – 102-108 с.

43. Россиев Д.А. Нейросетевые самообучающиеся экспертные системы в медицине. / Молодые ученые – практическому здравоохранению. / Россиев Д.А. – Красноярск, – 1994. –17 с.
44. Рыбина Г.В. Основы построения интеллектуальных систем: уч. пособ./ Рыбина Г.В. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. –65 с
45. Смірнов О.А. Обґрунтування необхідності створення систем технічної діагностики інтегрованих інформаційних систем / О.А. Смірнов, А.С. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. – 65 с
46. Смолин Д.В. Введение в искусственный интеллект. / Смолин Д.В. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. –208 с.
47. Субботін С. О. Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник./ Субботін С. О. — Запоріжжя: ЗНТУ, 2008. — 341 с.
48. Таран Т.А. Штучний інтелект. Теорія і застосування: навч. посіб. / Т.А. Таран, Д.А. Зубов. – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2006. – 240 с.
49. Таунсенд К., Фохт Д. Проектирование и программная реализация экспертных систем на персональных ЭВМ: Пер. с англ. В. А. Кондратенко, С. В.Трубицына.— М.: Финансы и статистика, 1990. — 320 с.
50. Тиль, П. От нуля к единице : как создать стартап, который изменит будущее / П. Тиль, Б. Мастерс; перевод с англ. – Москва : Альпина паблишер, 2015. – 188 с.
51. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. / Уотермен Д.: Пер. с англ. под ред. В.Л. Стефанюка. — М.: «Мир», 1989: — 388 с.
52. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. / Хайкин С. — М.: Вильямс, 2006. —1104 с.
53. Харниш, В. Правила прибыльных стартапов : как расти и зарабатывать деньги / В. Харниш ; пер. с англ. В. Хозинского. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 279 с.
54. Цибульов П. М. Управління інтелектуальною власністю : монографія/

Цибульов П. М., Чеботарьов В. П., Зінов В. Г. , Суїні Ю., за ред. П. М. Цибульова. – К. : «К. І. С.», 2005. – 448 с.

55. Экланд С. Ангелы, драконы и стервятники : как привлечь правильных инвесторов в свой стартап и сохранить бизнес / С. Экланд ; пер. с англ. О. Терентьевой. – Москва : Манн, Иванов и Фербер, 2011. – 275 с.

ДОДАТОК А

Апробації

УКР.НТУУ “КПІ”.ТМ31137_17М

Аркушів 6

2018

ДОДАТОК Б

Акт впровадження

УКР.НТУУ “КПІ”. ТМЗ1137_17М

Аркушів 2

2018