

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних електронних систем

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## **БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**Інформаційна медична експертна система оцінювання важкості  
діабетичного кетоацидозу на основі показників газів крові**

Виконав: студент 4-го курсу, групи БМІ-186  
спеціальності 163 – Біомедична інженерія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

**Шевчук К.С.**

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор каф. БМІОЕС

**Павлов С.В.**

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Опонент: д.т.н., професор, зав. каф. ІРТС

**Осадчук О.В.**

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри БМІОЕС

к.т.н., доц. **Коваль Л.Г.**

(прізвище та ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 р.

Вінниця ВНТУ - 2022 рік

## ЗМІСТ

ВСТУП	3
<b>РОЗДІЛ 1. Аналіз сучасних експертних систем для біомедичних досліджень</b>	<b>7</b>
1.1 Аналіз експертних систем для біомедичних досліджень	7
1.2. Класифікація експертних систем для біомедичних досліджень	12
1.3. Принципи побудови та особливості роботи експертних систем для біомедичних досліджень	15
1.4. Висновок	19
<b>РОЗДІЛ 2. Розроблення експертної системи для оцінювання кетоацидозу</b>	<b>20</b>
2.1. Медичні аспекти оцінювання кетоацидозу	20
2.2. Формування інформаційних ознак при створенні інформаційних технологій прийняття рішень	22
2.3. Використання математичного апарату нечіткої логіки для оброблення діагностичної інформації	25
2.4. Розроблення математичних моделей для визначення важкості діабетичного кетоацидозу	29
2.5. Висновок	32
<b>РОЗДІЛ 3. Розробка експертної системи та програмного забезпечення при оцінюванні кетоацидозу</b>	<b>33</b>
3.1. Розробка архітектури експертної оптико-електронної системи	33
3.2. Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення	34
3.3 Реалізація інтерфейсу користувача	37
3.4 Висновок	40
<b>РОЗДІЛ 4. Охорона праці</b>	<b>41</b>
4.1. Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	42
4.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць	42
4.1.2 Електробезпека	43

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	44
4.2.1 Мікроклімат	44
4.2.2. Склад повітря робочої зони	44
4.2.3 Виробниче освітлення	45
4.2.4 Виробничий шум	46
4.2.5 Виробничі випромінювання	48
4.3 Пожежна безпека	48
ВИСНОВКИ	51
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	53
Додаток А. Технічне завдання	59
Додаток В. Архітектура експертної оптико-електронної системи для аналізу біомедичної інформації	63
Додаток С. Алгоритм роботи програмного забезпечення	64
Додаток D. Лістинг програмного забезпечення	65

## ВСТУП

За даними восьмого випуску атласу цукрового діабету «The International Diabetes Federation» на 2017 рік кількість хворих цукровий діабет (ЦД) серед дорослого населення в середньому в світі складає 8,8 %. В абсолютних цифрах це складає біля 425 мільйонів осіб.

Діабетичний кетоацидоз (ДКА) – гостра декомпенсація ЦД, внаслідок поганого контролю глікемії, що характеризується різким підвищенням рівня глюкози та кетонових тіл в крові, появою кетонових тіл в сечі та метаболічним ацидозом, яка може призвести до смерті внаслідок набряку мозку [1, 2]. Дана *potentially preventable* несе велике фінансове навантаження, як на систему охорони здоров'я, так і на пацієнта. За даними [3] сума витрат становить загалом 26566USD на одного пацієнта за період госпіталізації для США. Основним стандартизованим підходом стратифікації хворих по ступеню важкості ДКА є оцінка і розділення відповідно до рівня рН крові (для артеріальної крові ДКА I 7.21 - 7.34, ДКА II 7.10 - 7.20, ДКА III <7.1) [4,5]. Додатковими критеріями оцінки важкості в деяких країнах виступають рівень бікарбонатів крові та бета-оксибутирату.

Підходи до лікування поступово еволюціонували, що дало змогу значно зменшити смертність внаслідок діабетичного кетоацидозу у різних регіонах світу, а показник смертності в більшості країн вдалось знизити до позначки менше 1 % [6, 7].

Основні підходи до лікування ДКА прописані в рекомендаціях ADA 2018 та ISPAD 2018 [8, 9, 10]. Але залишається актуальним їх перегляд та доповнення з метою покращення ефективності лікування на основі отриманого нового досвіду.

Для вирішення задач медичної діагностики найбільше поширення набули математичні методи, засновані на байєсовському підході, теорії планування експерименту, розпізнаванні образів і логічному програмуванні. Основні труднощі застосування цих методів при створенні і практичному використуванні автоматизованих систем медичної діагностики пов'язані з

необхідністю збору великих масивів експериментальної інформації, складністю її статистичної обробки і інтерпретації в термінах прийняття рішення про конкретний діагноз [1]. Крім того, відомі методи не дозволяють описувати причинно-наслідкові зв'язки між параметрами стану пацієнта і його діагнозом при оцінюванні стадії важкості при Diabetic Ketoacidosis (Діабетичний кетоацидоз) на природній мові, моделюючи логіку міркувань лікаря-діагноста із залученням нечислової (нечіткої) інформації про такі параметри як рН, парціальний тиск вуглекислого газу  $p\text{CO}_2$ , загальний вміст вуглекислого газу крові-  $t\text{CO}_2$  та парціальний тиск кисню -  $p\text{O}_2$ .

### **Мета та задачі дослідження**

**Метою дослідження** є реалізація автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на базі нечіткої логіки при діабетичного кетоацидозі.

В роботі проаналізовано основні напрями застосування математичних методів в медичній діагностиці, оцінено їх недоліки, сформульовано принципи діагностики, що базуються на нечіткій логіці; розроблено математичні моделі і алгоритми, що формалізують процес прийняття діагностичних рішень на базі нечіткої логіки при кількісних і якісних параметрах стану хворого; розроблено математичні моделі функцій приналежності, формалізуючих представлення кількісних параметрів стану хворого у вигляді нечітких множин, використовуваних в моделях і алгоритмах діагностики та знаходження діагнозу при діабетичного кетоацидозі хворого.

В даній роботі пропонуємо розширити спектр показників для діагностики ДКА, включивши як додаткові критерії – рівні газів артеріальної крові, такі як парціальний тиск вуглекислого газу -  $p\text{CO}_2$ , загальний вміст вуглекислого газу крові- $t\text{CO}_2$  та парціальний тиск кисню -  $p\text{O}_2$  і використати моделювання на основі теорії нечітких множин для створення автоматизованої експертної системи для визначення ступеня важкості ДКА. Наводяться результати щодо подальшого

розвитку методу на основі нечітких множин і автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на базі нечіткої логіки. Цей метод є взаємозв'язаною сукупністю математичних моделей, алгоритмів і програмного забезпечення для знаходження діагнозу при Diabetic Ketoacidosis хворого при заданих значеннях параметрів його стану.

Робота виконувалася на базі Вінницького КНП "Вінницький обласний клінічний високоспеціалізований ендокринологічний центр Вінницької обласної ради" та Вінницького національного медичного університету ім. М.Пирогова.

**Апробація матеріалів дипломної роботи.** Результати досліджень, викладено в дисертаційній роботі, доповідалися та обговорювалися на таких конференціях: Fifteenth International Conference on Correlation Optics, 1212626 (13-16 September 2021); Chernivtsi, Ukraine - Bellingham, Washington, USA, VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (СПРН-2021)», 3-5 листопада 2021 р., Вінниця, Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи / Youth in Science: Research, Problems, Prospects», 1-14 травня 2021 р., Вінниця,

**Публікації:** Результати роботи відображені в 3 опублікованих працях, у тому числі: одна у зарубіжному виданні, що входять у наукометричну базу даних Scopus; 2-х у тезах доповідей на конференціях різних рівнів.

**Джерела розробки:**

1. З. Ніжинська-Астапенко, М. Власенко, О. Чайковська, В. Павлов, К. Шевчук. Інформаційна медична експертна система оцінювання важкості діабетичного кетоацидозу, *Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем (СПРН-2021)»*, 3-5 листопада 2021 р., Вінниця, 3 С.

2. К. С. Шевчук, С. В. Павлов, С. В. Тимчик. Інформаційна медична експертна система оцінювання важкості діабетичного кетоацидозу на основі показників газів крові, *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи / Youth in Science: Research, Problems, Prospects»*, 1-14 травня 2021 р., Вінниця, 3 С. *Research, Problems, Prospects»*, 1-14 травня 2021 р., Вінниця, 3 С.

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/paper/view/13052>

## **РОЗДІЛ 1. Аналіз сучасних експертних систем для біомедичних досліджень**

### **1.1 Аналіз експертних систем для біомедичних досліджень**

Найбільший інтерес у розвитку інформаційного забезпечення автоматизованих 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, 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. 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.
- 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;



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

Експертна система зосереджує в собі професійні знання провідних експертів та фахівців, використовуючи їх для формування бази знань, що складається з набору взаємопов'язаних правил. 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.

Експертна система (ЕС) – це програмний засіб, що використовує експертні знання для забезпечення високоефективного рішення неформалізованих задач у вузькій предметній області. 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. Одним із факторів, що відрізняє ЕС від традиційних програм є явність та доступність знань. З цього випливають їх наступні властивості (рисунок 1.1):

- використання високоякісного досвіду для вирішення проблем, який представляє рівень знань найбільш кваліфікованих експертів в даній області;
- 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;
- 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. 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.



Рисунок 1.1 – Класифікація інтелектуальних інформаційних 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. Факти і правила в ЕС не завжди або істинні, або помилкові. Іноді існує деяка ступінь непевності в достовірності факту або точності правила. Якщо ця сумнів виражена явно, то вона називається "коефіцієнтом довіри".

Багато правил ЕС є евристичними, або іншими словами – емпіричними правилами або спрощеннями. Вони значно обмежують пошук рішення. 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.

Організація знань в експертній системі є розподіленою, тобто знання про предметну область відділяються від інших загальних знань системи (знання про те, як вирішувати поставлені цілі, або знання про те, як взаємодіяти з користувачем). 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.

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

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 рис. 1.2. Вони використовуються в тих випадках, коли зміни зовнішнього світу не впливають на результат. Однак існує ряд додатків вищого класу, в яких необхідно враховувати динаміку зміни навколишнього світу за час виконання програми. Такі експертні системи отримали назву динамічних ЕС. Їх узагальнена структура зображена на рисунку 1.3.

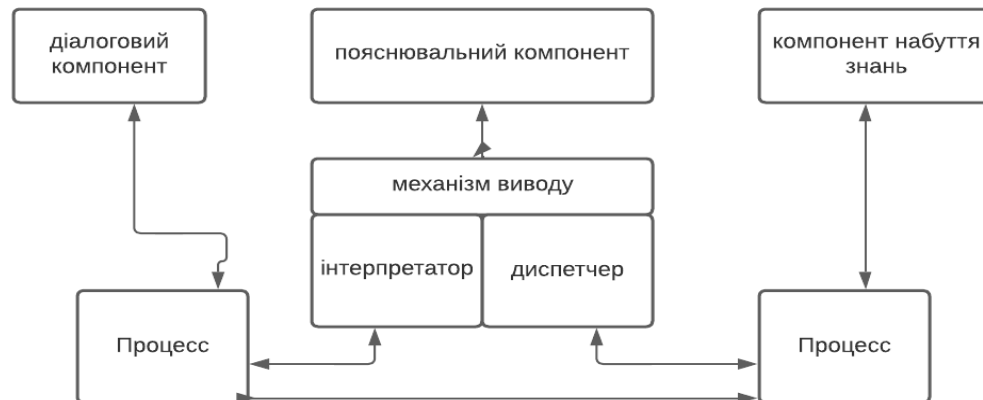


Рисунок 1.2 – Структурна модель статичної ЕС

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

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

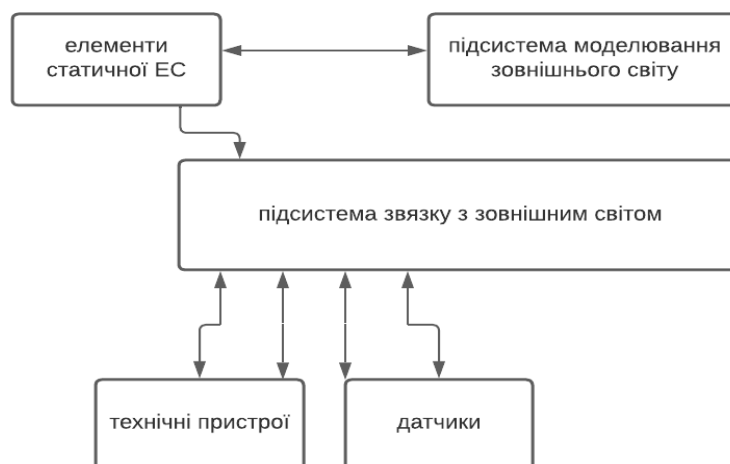


Рисунок 1.3 – Структурна схема динамічної ЕС.

Динамічні ЕС використовують систему контролерів і датчиків для зв'язку з зовнішнім світом. 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). 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.

## **1.2. Класифікація експертних систем для біомедичних досліджень**

ЕС сьогодні об'єднує декілька тисяч різних програмних комплексів, які можна класифікувати за різними критеріями. Розглянемо лише класифікацію за деякими глобальними критеріями.

### **Класифікація за типом задачі, що вирішується**

**Інтерпретація даних.** Під інтерпретацією розуміється визначення значення даних, результати якого повинні бути узгодженими і коректними. Звичайно передбачається багатоваріантний аналіз даних. Це одна з традиційних задач для ЕС.

**Діагностика.** Під діагностикою розуміється виявлення несправності в деякій системі. Несправність – це відхилення від норми. Таке трактування дозволяє з єдиних теоретичних позицій розглядати і несправність устаткування в технічних системах, і захворювання живих організмів і всілякі природні аномалії. Важливою специфікою є необхідність розуміння функціональної структури системи діагностування.

**Моніторинг.** Основна задача моніторингу – безперервна інтерпретація даних в реальному масштабі часу і сигналізація про вихід тих чи інших

параметрів за допустимі межі. Головні проблеми – пропуск тривожної ситуації і інверсна задача помилкового спрацьовування. Складність цих проблем – в розмитості симптомів „тривожних” сигналів.

Проектування. Підготовка специфікацій на створення об'єктів з наперед визначеними властивостями. Під специфікацією розуміється весь набір необхідних документів: креслення, записка пояснення і т.д. Основні проблеми тут – отримання чіткого структурного опису знань про об'єкт. Для організації ефективного проектування необхідно формувати не тільки самі проектні рішення, але і мотиви їх ухвалення. Таким чином, в задачах проектування тісно пов'язуються два основні процеси: процес виведення рішення і процес пояснення.

Прогнозування. Системи прогнозування логічно виводять вірогідні наслідки із заданих ситуацій. У системі прогнозування звичайно використовується параметрична динамічна модель, в якій значення параметрів підганяються під задану ситуацію. Наслідки, що виводяться з цієї моделі, складають основу для прогнозів з оцінками вірогідності.

Планування. Під плануванням розуміється знаходження планів дій, що відносяться до об'єктів, здатних виконувати деякі функції. У таких ЕС використовуються моделі поведінки реальних об'єктів з тим, щоб логічно вивести наслідки планованої діяльності.

Навчання. Системи навчання діагностують помилки при вивченні будь-якої дисципліни за допомогою ЕОМ і підказують правильні рішення. Вони акумулюють знання про гіпотетичного учня і його характерні помилки, потім в роботі здатні діагностувати слабкості в знаннях тих, кого навчають, і знаходити відповідні способи для їх ліквідації. Такі системи планують процес спілкування з учнем залежно від успіхів учня, з метою передачі знань.

У загальному випадку, всі системи, основані на знаннях, можна розділити на:

- системи, які вирішують задачі аналізу,

- системи, які вирішують задачі синтезу.

Основна відмінність задач аналізу від задач синтезу – в задачах аналізу безліч рішень може бути перераховано і включено в систему, а в задачах синтезу безліч рішень потенційно будується з рішень компонентів або підпроблем. Задачі аналізу – інтерпретація даних, діагностика, задачі синтезу – проектування, планування. Комбіновані задачі – навчання, моніторинг, прогнозування.

### **Класифікація за зв'язком з реальним часом**

Статичні ЕС – розробляються в предметних областях, в яких БЗ і дані, що інтерпретуються, не змінюються в часі, вони стабільні.

Квазідинамічні ЕС – інтерпретують ситуацію, яка змінюється з деяким фіксованим інтервалом часу.

Динамічні ЕС – працюють в поєднанні з датчиками об'єктів в режимі реального часу з безперервною інтерпретацією даних, що надходять.

### **Класифікація за типом ЕОМ**

На сьогоднішній день можна виділити:

- ЕС для унікальних стратегічно важливих задач на СУПЕР-ЕВМ (CRAY, CONVEX);
- ЕС на ЕОМ середньої продуктивності (mainframe);
- ЕС на символічних процесорах і робочих станціях (SUN, APOLLO);
- ЕС на міні- та суперміні ЕОМ (VAX, micro-VAX);
- ЕС на ПК (IBM PC, MAC).

### **Класифікація за ступенем інтеграції з іншими програмами**

Автономні ЕС – працюють безпосередньо в режимі консультацій з користувачем для специфічних експертних задач при рішенні яких не вимагається залучати традиційні методи обробки даних.

Гібридні ЕС – програмний комплекс, що агрегує стандартні прикладні програми (наприклад, математичну статистику, лінійне програмування, СУБД) і засоби маніпулювання знаннями. Це може бути інтелектуальна надбудова над прикладними програмами або інтегроване середовище для вирішення складної задачі з елементами експертних знань. Не дивлячись на зовнішню привабливість гібридного підходу, розробка таких систем є надзвичайно складною задачею. Компонування не просто різних програм, а різних методологій породжує цілий комплекс і теоретичних, і практичних труднощів.

### **1.3. Принципи побудови та особливості роботи експертних систем для біомедичних досліджень**

Під час розробки ЕС враховуються результати попередніх досліджень в області штучного інтелекту. Ці результати формулюють, як правило, у вигляді трьох принципів (два з них уперше висловлені Фейгенбаумом у 1979 р.) [11]:

- потужність експертної системи зумовлена, в першу чергу, потужністю бази знань і можливістю її поповнення і лише в другу чергу - використовуваними методами (в дослідженнях штучного інтелекту панувала протилежна точка зору - джерелом інтелектуальності вважали невелику кількість загальних потужних процедур логічного виведення);
- знання, які дозволяють експерту (або експертній системі) отримувати якісні та ефективні рішення задач, є, в основному, евристичними, експериментальними та неповністю визначеними (необхідно також підкреслити, що знання експертів носять індивідуальний характер, тобто, властиві певній людині);
- враховуючи неформалізованість розв'язуваних задач та евристичний характер використовуваних знань користувач (експерт) повинен мати можливість безпосередньої взаємодії з експертною системою у формі діалогу.

Оскільки основним джерелом потужності ЕС є знання, ЕС повинні мати здатність набувати знання. Процес набуття знань можна розділити на такі



основні етапи:

- отримання знань від експерта;
- організація знань з метою забезпечення ефективної роботи системи;
- подання знань у зрозумілому для системи вигляді.

Процес набуття знань здійснюється на основі аналізу діяльності експерта, який вирішує реальні задачі з інженером знань, якого ще називають когнітологом. Евристичний характер знань робить їх набуття дуже трудомістким процесом. Трудомісткість і неформалізованість цього процесу приводить до того, що він є найбільш вузьким місцем у процесі створення експертних систем зокрема і систем штучного інтелекту взагалі [10].

Системи на основі знань, до яких відносять ЕС, мають свої особливості, які відрізняють їх від систем інших типів:

- ЕС може ефективно функціонувати лише в одній певній (як правило, досить вузькій) предметній (проблемній) області (ПО);
- база знань та механізм логічного виведення є різними компонентами ЕС, що дає можливість поєднувати механізм логічного виведення з іншими базами знань для створення нових експертних систем (наприклад, програма аналізу інфекції в крові може бути використана в пульмонології шляхом заміни використовуваної бази знань з тим самим механізмом виведення);
- ЕС можуть пояснити хід розв'язання задачі зрозумілим для користувача способом (користувачі повинні мати можливість запитати систему, яким чином був отриманий певний висновок);
- ЕС будуються за модульним принципом, що дозволяє поступово нарощувати їхні бази знань.

Основними відмінностями ЕС від інших програмних продуктів є використання не тільки даних, але і знань, а також спеціального механізму логічного виведення рішень і нових знань на основі наявних. У ЕС відомий алгоритм оброблення знань, а не алгоритм розв'язання задачі. Тому застосування алгоритму оброблення знань може привести до отримання такого результату в процесі розв'язання конкретної задачі, який не був передбачений. Більше того,

алгоритм обробки знань наперед невідомий і будується в процесі розв'язання задачі на підставі евристичних правил.

Експертна система відрізняється також від інших прикладних програм наявністю таких ознак:

- моделює не стільки фізичну (або іншу) природу певної проблемної області, скільки механізм мислення людини стосовно розв'язання задач у цій проблемній області, що істотно відрізняє експертні системи від систем математичного моделювання;
- основними є евристичні і наближені методи рішення задач, які, на відміну від алгоритмічних, не завжди гарантують успіх.

Евристика, по суті, є деяке знання, придбане людиною у міру накопичення практичного досвіду вирішення аналогічних проблем. Такі методи є приблизними в тому сенсі, що, по-перше, вони не вимагають вичерпної початкової інформації, і, по-друге, існує певний ступінь упевненості (або невпевненості) в тому, що запропоноване рішення є вірним.

Експертні системи відрізняються також і від інших видів програм з області штучного інтелекту тим, що мають справу з предметами реального світу, операції з якими звичайно вимагають наявності значного досвіду, накопиченого людиною. Багато програм з області штучного інтелекту є суто дослідницькими і основна увага в них приділяється абстрактним математичним проблемам або спрощеним варіантам реальних проблем, а метою виконання такої програми є відпрацювання методики. Експертні системи мають яскраво виражену практичну спрямованість у науковій або комерційній області.

Однією з основних характеристик експертної системи є її продуктивність, тобто швидкість отримання результату та його достовірність (надійність). Дослідницькі програми штучного інтелекту можуть і не бути дуже швидкими, оскільки, врешті-решт, це інструмент дослідження, а не програмний продукт. Водночас експертна система повинна за прийнятний час знайти рішення, яке було б не гіршим, ніж те, яке може запропонувати фахівець у цій предметній області.

У цілому можна сказати, що ЕС характеризуються відкритістю, гнучкістю та недетермінованістю.

Відкритість ЕС означає, що користувач може перевірити шляхи розв'язання, які вибираються ЕС, на будь-якому етапі виконання програми. Наявність такої властивості ЕС важлива з ряду причин. По-перше, користувач не може довіряти рекомендаціям ЕС, якщо у нього не буде можливості перевірити обґрунтованість отриманих рішень. Користувач повинен отримати всю інформацію, необхідну йому для того, щоб бути впевненим у правильності прийнятого рішення. По-друге, відкритість дозволяє оцінювати коректність знань, що використовуються на кожному етапі розв'язання. Ця обставина важлива під час налагодження бази знань.

База знань повинна описувати деяку конкретну предметну область. Під ПО розуміється зовнішній світ, в якому повинна виробляти рішення система штучного інтелекту (СШ). Наприклад, зовнішній світ СШ, яка керує механічним роботом, являє собою сукупність деталей, які обробляє цей робот. Часто поряд із терміном "*предметна область*" використовується термін "*проблемна область*", що підкреслює проблемний аспект зовнішнього світу, наприклад, електроніка, економіка, медицина тощо. Схему процесу формування знань про ПО наведено на рис. 1.5.

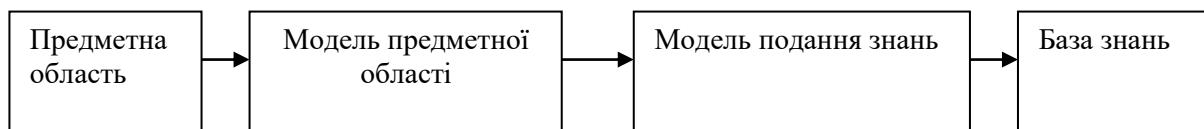


Рисунок 1.5 – Схема процесу формування знань про ПО

Під час створення моделей ПО та моделей подання знань (МПЗ) часто використовується поняття *простору станів*. У фізиці простір станів має фазову природу, в СШ - дискретну (топологічну), тобто модель простору станів можна уявити у вигляді графа (гіперграфа), вершини якого відповідають станам, а ребра (дуги) - операторам переходу з одного стану в інший.

Гнучкість ЕС означає простоту модифікації бази знань. ЕС повинна мати засоби, що забезпечують доповнення, зміни та вилучення елементів бази знань.

Недетермінованість зумовлена застосуванням в ЕС евристичних методів розв'язування задач. Евристична природа як експертних знань, так і методів

пошуку розв'язків створює певні труднощі в процесі оцінювання якості функціонування ЕС. Один із шляхів розв'язання цієї проблеми полягає в порівнянні рішень, запропонованих ЕС і експертом.

#### **1.4. Висновок**

Було проаналізовано принципи побудови та особливості роботи ЕС, що дозволило зробити висновок про перспективність розроблення ЕС для підтримки прийняття рішень при аналізі біомедичних зображень на основі евристичного характеру знань, що дозволить реалізувати можливість інтерактивної взаємодії оператора з ЕС.

## РОЗДІЛ 2. Розроблення експертної системи для оцінювання кетоацидозу

### 2.1. Медичні аспекти оцінювання кетоацидозу

Діабет - одна з найбільш швидко зростаючих в масштабі проблем охорони здоров'я в XXI столітті. За даними дев'ятого випуску атласу цукрового діабету IDF (The International Diabetes Federation) на 2019 рік кількість хворих ЦД серед дорослого населення в середньому у світі складає 9,3 % (від 6 до 11 % у різних регіонах). В абсолютних цифрах це приблизно 463 мільйонів осіб, з них більше 1,1 мільйона ЦД 1 типу в дітей [11].

Діабетичний кетоацидоз (ДКА) – гостра декомпенсація ЦД, внаслідок поганого контролю глікемії, що характеризується різким підвищенням рівня глюкози та кетонів в крові, появою кетонів в сечі та метаболічним ацидозом, яка може призвести до смерті внаслідок набряку мозку [1, 2]. Гостре ускладнення ЦД несе велике фінансове навантаження, як на систему охорони здоров'я, так і на пацієнта. Сума витрат може становити біля 26566 USD на одного пацієнта за період госпіталізації у США[3]. Основним стандартизованим підходом стратифікації хворих за ступенем важкості ДКА є оцінка і розподіл згідно рівня рН крові (для артеріальної крові ДКА I 7.21 - 7.34, ДКА II 7.10 - 7.20, ДКА III <7.1) [4,5]. Додатковими критеріями оцінки важкості в деяких країнах виступають рівень бікарбонатів крові та бета-оксибутирату.

До недавнього часу при збільшенні частоти госпіталізацій з приводу ДКА, коефіцієнт летальності в останні роки знизився (Benoit SR, Zhang Y, Geiss LS, Gregg EW, Albright A., 2018). Проте з появою коронавірусної хвороби 2019 (COVID-19) було зафіксовано значний приріст смертності у різних вікових групах у порівнянні з пацієнтами з ДКА, але без COVID-19 (Pasquel FJ, Messler J, Booth R, et al., 2021).

Підходи до лікування поступово еволюціонували, що дало змогу значно

зменшити смертність внаслідок діабетичного кетоацидозу у різних регіонах світу у доковідний період, а показник смертності в більшості країн вдалось знизити до позначки менше 1 % [6, 7].

Основні підходи до лікування ДКА прописані в рекомендаціях ADA 2019 та ISPAD 2018 [8, 9, 10]. Але залишається актуальним їх перегляд та доповнення з метою покращення ефективності лікування на основі отриманого нового досвіду.

Для вирішення задач медичної діагностики найбільше поширення набули математичні методи, засновані на байесовському підході, теорії планування експерименту, розпізнаванні образів і логічному програмуванні. Основні труднощі застосування цих методів при створенні і практичному використуванні автоматизованих систем медичної діагностики пов'язані з необхідністю збору великих масивів експериментальної інформації, складністю її статистичної обробки і інтерпретації в термінах прийняття рішення про конкретний діагноз [1]. Крім того, відомі методи не дозволяють описувати причинно-наслідкові зв'язки між параметрами стану пацієнта і його діагнозом при оцінюванні стадії важкості при Diabetic Ketoacidosis (Діабетичний кетоацидоз) на природній мові, моделюючи логіку міркувань лікаря-діагноста із залученням нечислової (нечіткої) інформації про такі параметри як рН, парціальний тиск вуглекислого газу  $p\text{CO}_2$ , загальний вміст вуглекислого газу крові-  $t\text{CO}_2$  та парціальний тиск кисню -  $p\text{O}_2$ .

В даній роботі пропонуємо розширити спектр показників для діагностики ДКА, включивши як додаткові критерії – рівні газів артеріальної крові, такі як парціальний тиск вуглекислого газу -  $p\text{CO}_2$ , загальний вміст вуглекислого газу крові- $t\text{CO}_2$  та парціальний тиск кисню -  $p\text{O}_2$  і використати моделювання на основі теорії нечітких множин для створення автоматизованої експертної системи для визначення ступеня важкості ДКА. Наводяться результати щодо подальшого розвитку методу на основі нечітких множин і автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на базі нечіткої

логіки. Цей метод є взаємозв'язаною сукупністю математичних моделей, алгоритмів і програмного забезпечення для знаходження діагнозу при діабетичного кетоацидозі хворого при заданих значеннях параметрів його стану.

## 2.2. Формування інформаційних ознак при створенні інформаційних технологій прийняття рішень

Виміром, з точки зору медицини, іменують пізнавальний процес, у результаті якого можна одержати опис досліджуваного об'єкта у кількісних термінах, а також моделі об'єкта, пов'язаної з окремими характеристичними властивостями об'єкта [41].

При цьому виділяються найбільш істотні властивості вимірювань об'єкта, які характеризують найбільш важливі ознаки. В табл. 2.1 представлено застосування теорій вимірювань відповідно до напрямку досліджень.

Таблиця 2.1 – Застосування теорій вимірювань відповідно до напрямку

Напрямок	Властивість вимірювань	Застосування теорій вимірювань
Метрологія	Хибна вимірювань	Теорія хибних
Соціологія, психологія, системотехніка, кібернетика	Проблема вибору шкали для вимірюваної величини	Теорія шкал
Квантова фізика	Взаємодія мікрооб'єкта з вимірювальним приладом	Теорія квантово-механічних вимірювань

Інформатика	Хибна вимірювань, розглянута як "перешкода" у "вимірювальному каналі".	Інформаційна теорія вимірювальних пристроїв
Цифрова обчислювальна техніка	Спосіб одержання числового результату вимірювань	Алгоритмічна теорія вимірювань

Загальна теорія вимірювань, таким чином, є деяким поєднанням окремих теорій.

Розрізняють фізичні і математичні моделі [41] - поняття, істотно використовувані при описі процедури вимірювань.

При медичних вимірюваннях використовують обидва типи моделей. Так, при вимірюваннях фізичних величин (вага, довжина, частота, електричний потенціал і т.д.) використовують фізичні моделі (еталони). При вимірюваннях таких характеристик, як стан здоров'я, стан імунної, серцево-судинної чи іншої систем, рівень інтелекту, глибини пам'яті і т.п. У даному випадку можна говорити лише про математичні моделі у вигляді описів, сукупності характеристик - часто їх також іменують еталонами, що зручно, хоча і не зовсім коректно з метрологічної точки зору. У цьому розумінні нозологічна форма є різновидом математичної моделі хвороби.

Розрізняють вимірювання елементарні і комплексні [41]. Елементарне вимірювання являє собою процедуру порівняння значення оцінюваної характеристики (струм, напруга, сила, потужність, освітленість, вологість і т.д.) з набором еталонних значень, у результаті чого вибирається єдине еталонне значення, що мінімально відрізняється від значення вимірюваної характеристики. Структуру процедури елементарних вимірювань показано на рис. 2.1.



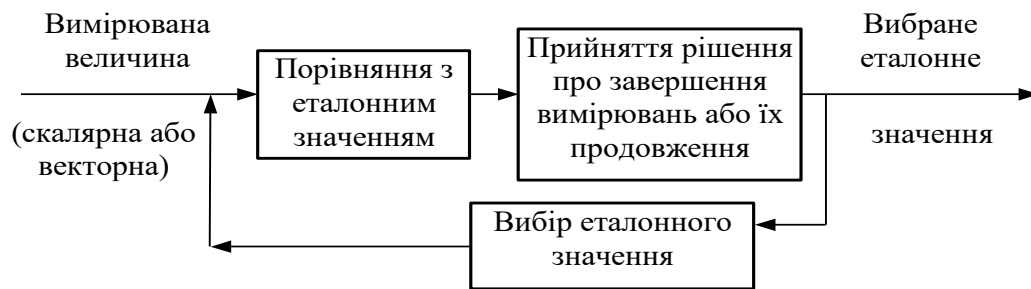


Рисунок 2.1 – Структура процедури елементарних вимірювань при створенні медичних експертних систем

Комплексне вимірювання головною своєю метою має вибір вигляду математичної моделі, попутно вирішуючи і задачу конкретизації значень її параметрів (задачу елементарних вимірювань). Схему процедури комплексних вимірювань, наведено на рис. 2.2.



Рисунок 2.2. – Процедури комплексних вимірювань

Елементарні вимірювання відрізняються від комплексних лише рівнем складності використовуваних математичних моделей. Так, у задачі медичної діагностики до елементарних можна віднести виміри температури, ваги, частоти серцевих скорочень й інших характеристик фізичного та психічного стану людини, що являють собою скалярні і векторні величини. Нарешті, до елементарних вимірювань, за визначенням [41], відносять і задачі медичної, психологічної діагностики - як вимірювана величину тут фігурує стан органа, системи, організму, психіки людини, що представляється безліччю (вектором) значень симптомів, а результатом вимірів є нозологічна форма (математична модель хвороби).

Прикладом складних математичних моделей можуть слугувати зміни патологічних станів у часі (генезис, етіологія, прогнозування таких змін).

Таким чином, на основі базової процедури комплексних вимірювань доцільно реалізувати експертну систему для підтримки прийняття рішень з можливістю оброблення біомедичної інформації за ознаками на основі око-процесорних технологій.

### **2.3. Використання математичного апарату нечіткої логіки для оброблення діагностичної інформації**

Враховуючи той факт, що під час проведення клінічних досліджень доволі часто потрібно використовувати не тільки чіткі цифрові критерії, але й певні лінгвістичні характеристики змін показників (термів), нами проводився аналіз частини з них за допомогою математичного апарату нечіткої логіки. Такий підхід дозволяє одержати однозначний цифровий вираз для тих критеріїв, які мають описові характеристики і, відповідно, якісний зміст, наприклад такі ознаки, як: ДН – дуже низький, Н – низький, НС – нижче середнього, С – середній, ВС – вище середнього, В – високий [1, 2, 3]. Кожний з вказаних термів являє собою нечітку множину, яка задана за допомогою спеціальних функцій належності і може бути представлена певним інтервалом, що має свої цифрові ступені від 0 до 1. Про абсолютну неналежність до множини свідчить 0, а про абсолютну належність – 1.

Застосування математичного апарату нечіткої логіки може бути важливим у випадках необхідності визначення ймовірності взаємозв'язку патологічних станів, які мають різні клінічні характеристики. В нашому випадку апарат нечіткої логіки застосовується для оцінювання рівня важкості при Diabetic Ketoacidosis.

З клінічної точки зору виділяють три послідовні стадії ДКА: I – помірною кетоацидозу, II – передкоми або некомпенсованого кетоацидозу, III – стадію коми. (Кравчун Н. А. та ін., 2010; Дедов И. И. и др., 2014)

Симптоми, які характерні для ДКА I ступеня: спрага, поліурія, втрата

маси тіла, сухість шкіри та слизових оболонок, слабкість, головний біль, сонливість, ступінь дегідратації не більше 5 %, запах ацетону в повітрі, знижений апетит та нудота, спостерігається задишка при незначному фізичному навантаженні, помірна тахікардія, артеріальний тиск в нормі або підвищений.

При розвитку передкоми (ДКА II ст.) над симптомами декомпенсації цукрового діабету (спрага, поліурія, втрата маси тіла, сухість шкіри та слизових оболонок, загальна слабкість) починають переважати симптоми інтоксикації: млявість, сонливість, загальмованість, головний біль, відсутність апетиту, багаторазове блювання. При об'єктивному огляді визначають пасивне положення в ліжку, рухи в кінцівках в'ялі та повільні, м'язевий тонус знижений, знижені сухожилкові рефлекси, знижений тонус очних яблук, шкіра суха, холодна в ділянці кистей та стоп, ніс, вух. Визначається шумне глибоке дихання Куссмауля в спокої, з участю допоміжної мускулатури, частота дихання 20-28/хв, виражена тахікардія, можуть бути порушення ритму, артеріальний тиск нормальний або знижений, пульс слабого наповнення. При огляді травної системи - язик сухий, обкладений коричневим нашаруванням, пальпаторно живіт болючий в епігастральній ділянці та правому підребр'ї, або по всіх відділах живота, пальпація відрізків кишківника болюча, хворі реагують на обстеження стогоном та гримасами. При аускультатії легень дихання жорстке, аускультатії серця - тони серця ослаблені, акцент II тону над легеневим стовбуром, аускультатії живота - перистальтика різко ослаблена, може бути зовсім відсутньою. Діурез внаслідок осмотичної стимуляції навіть при дегідратації 5-10 % збережений.

Розвиток діабетичної кетоацидотичної коми (ДКА III ст.) характеризується втратою свідомості, глибина якої оцінюється за шкалою Глазго. Положення в ліжку хворого пасивне, рухи відсутні, різке зниження тону м'язів, ослаблення до повної відсутності сухожилкових рефлексів, поява патологічних рефлексів. При огляді шкіра суха, з мармуровим малюнком, на

дотик холодна або гаряча при приєднаній супутній інфекції, тургор шкіри та еластичність шкіри різко знижені, очні яблука запалі, м'які, при набряку мозку – стають щільними, запах ацетону у видихуваному повітрі, дихання шумне Куссмауля з участю допоміжної мускулатури, частота дихання 30-40/хв. Аускультативно дихання жорстке, провідні хрипи, тони серця ослаблені, акцент ІІ тону над легеневим стовбуром. Артеріальний тиск знижений, пульс частий, малий, ниткоподібний. Язик сухий, вкритий кірками темно-коричневого кольору. Перкуторно розміри печінки збільшені, перистальтики немає. Самостійне сечовиділення неможливе, по сечовому катетеру виділяється сеча з нормальним чи зниженим аж до олігоагурії добовим діурезом.

Проте в більшості сучасних протоколів рекомендується використання об'єктивних лабораторних критеріїв, що базуються на визначенні ряду лабораторних показників.

В даному дослідженні визначалися лабораторні показники артеріальної крові, такі як рН крові, парціальний тиск вуглекислого газу -  $p\text{CO}_2$ , загальний вміст вуглекислого газу крові-  $t\text{CO}_2$  та парціальний тиск кисню -  $p\text{O}_2$ . Всім досліджуваним проводили аналіз крові стосовно газового складу та показників кислотно-лужної рівноваги. Забір артеріальної крові проводили переважно з радіальної артерії недомінантної руки в місці пальпаторного визначення найкращої пульсації судини у гепаринізований шприц об'ємом 2 мл при госпіталізації. Попередньо проводили тест Аллена. Проби взятої крові протягом 1-2 хвилин доставляли в лабораторію для негайного лабораторного дослідження. При необхідності вводили в апарат "Easy Blood Gas" (США, 2008 р.) корективні показники Нв, температури тіла, концентрації кисню у суміші, яку вдихував пацієнт. Газовий аналіз крові визначався методом потенціометричного вимірювання за допомогою іон-селективних електродів з використанням автоматичного аналізатору "Easy Blood Gas" (США, 2008 р.).

В таблиці 2.3 наведено базу даних лабораторних показників для оцінювання рівня важкості при Diabetic Ketoacidosis ( Expert Data Base ARTERIA).

Таблиця 2.3 – Оцінювання імовірності рівня важкості при діабетичному кетоацидозі (ExpertDataBaseARTERIA)

Diagnosis	pH	pCO <sub>2</sub> , mmHg	tCO <sub>2</sub> , mmHg	pO <sub>2</sub> , mmHg
Ketosis	7.35 ÷ 7.45	44.75 ÷ 52.2	27.20 ÷ 30.75	75.5 ÷ 109.5
Diabetic Ketoacidosis I	7.21 ÷ 7.34	19.80 ÷ 27.80	10.70 ÷ 15.10	94.0 ÷ 113.00
Diabetic Ketoacidosis II	7.10 ÷ 7.20	14.45 ÷ 19.85	6.25 ÷ 10.25	94.00 ÷ 119.00
Diabetic Ketoacidosis III	6.90 ÷ 7.09	12.55 ÷ 21.65	4.05 ÷ 5.85	115.00 ÷ 42.50

На основі таблиці 2.4 для оцінювання рівня важкості при Diabetic формується база даних на основі нечітких термів (таблиця 2).

Таблиця 2.4 – База даних для оцінювання рівня важкості при діабетичному кетоацидозі на основі нечітких термів ( ExpertDataBaseARTERIA)

Diagnosis	pH (X <sub>1</sub> )	pCO <sub>2</sub> , mmHg (X <sub>2</sub> )	tCO <sub>2</sub> , mmHg (X <sub>3</sub> )	pO <sub>2</sub> , mmHg (X <sub>4</sub> )
<b>Ketosis (d<sub>1a</sub>)</b>	BC	BC	BC	H
	BC	BC	BC	HC
	BC	BC	BC	C
	B	BC	BC	HC
<b>Diabetic Ketoacidosis I (d<sub>2a</sub>)</b>	C	HC	HC	HC
	C	HC	HC	C
	BC	HC	HC	HC
	BC	HC	HC	C
<b>Diabetic Ketoacidosis II (d<sub>3a</sub>)</b>	C	H	HC	HC
	C	H	HC	C
	C	HC	HC	HC
	C	HC	HC	C
<b>Diabetic Ketoacidosis III (d<sub>4a</sub>)</b>	H	H	H	C
	HC	H	H	C
	HC	HC	H	BC

Для кожної показника з баз даних з метою формалізації показників визначаються відповідні функції належності.

#### 2.4. Розроблення математичних моделей для визначення важкості діабетичного кетоацидозу

Математичні моделі для оцінювання рівня важкості при Diabetic Ketoacidosis (Expert Data Base ARTERIA) мають такий вигляд (1-4):

$$\begin{aligned} \mu^{d1A}(X_1, X_2, X_3, X_4) &= \mu^{BC}(X_1) \cdot \mu^{BC}(X_2) \cdot \mu^{BC}(X_3) \cdot \mu^H(X_4) \cdot \cup \\ &\mu^{BC}(X_1) \cdot \mu^{BC}(X_2) \cdot \mu^{BC}(X_3) \cdot \mu^{HC}(X_4) \cup \mu^{BC}(X_1) \cdot \mu^{BC}(X_2) \cdot \mu^{BC}(X_3) \cdot \mu^C(X_4) \cup \\ &\mu^B(X_1) \cdot \mu^{BC}(X_2) \cdot \mu^{BC}(X_3) \cdot \mu^{HC}(X_4); \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d2A}(X_1, X_2, X_3, X_4) &= \mu^C(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \cdot \mu^{HC}(X_4) \cdot \cup \\ &\mu^C(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \cdot \mu^C(X_4) \cup \mu^{BC}(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \cdot \mu^{HC}(X_4) \cup \\ &\mu^{BC}(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \cdot \mu^C(X_4); \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d3A}(X_1, X_2, X_3, X_4) &= \mu^C(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \cdot \mu^{HC}(X_4) \cdot \cup \\ &\mu^C(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \cdot \mu^C(X_4) \cup \mu^C(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \cdot \mu^{HC}(X_4) \cup \\ &\mu^C(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^{HC}(X_3) \cdot \mu^C(X_4); \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d4A}(X_1, X_2, X_3, X_4) &= \mu^H(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \mu^H(X_3) \cdot \mu^C(X_4) \cdot \cup \\ &\mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^H(X_2) \cdot \mu^H(X_3) \cdot \mu^C(X_4) \cup \mu^{HC}(X_1) \cdot \mu^{HC}(X_2) \cdot \mu^H(X_3) \cdot \mu^{BC}(X_4); \end{aligned} \quad (4)$$

Для побудови рівнянь необхідно визначити функції належності  $\mu^j(x_i)$  всіх нечітких термів  $j$  (В, ВС, С, НС, Н, ДН) для всіх факторів  $x_i$  (в даному випадку  $j$  – значення коефіцієнта симетрії,  $i$  – інтервал дослідження:  $i = \overline{1,4}$ ). Якщо вважати високий рівень варіантом норми, то побудову рівнянь необхідно проводити для п'яти нечітких термів (Н, НС, С, ВС, В).

Кожному фактору  $x_i$  повинна відповідати своя п'ятірка функцій належності. Для спрощення моделювання потрібно зробити певні дії: Нехай  $\underline{x}_i$  і  $\overline{x}_i$  – нижня та верхня межа діапазону змін фактора  $x_i$ . Виразимо інтервал  $[\underline{x}_i, \overline{x}_i]$  на інтервал  $U=[0, 4]$ , на якому задані функції належності  $\tilde{\mu}^j(u)$ ,  $u \in U$  для нечітких термінів  $j=BC, C, HC, H$  і ДН.

Графічний вигляд функцій належності зображений на рис. 1. Вибір подібних кривих обумовлений тим, що вони є кусково-лінійними апроксимаціями експертних функцій належності  $\mu^j(x_i)$ , одержаних для факторів  $x_1 \div x_4$  методом парних порівнянь.

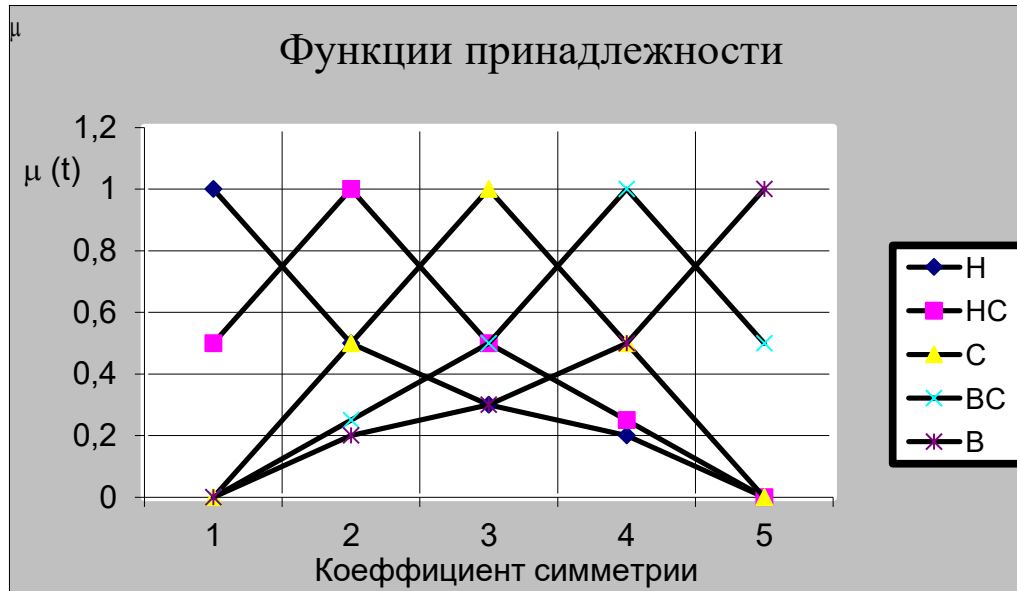


Рисунок 2.4 – Функції належності нечітких термів

Перехід від функції  $\tilde{\mu}^j(u)$  до шуканих функцій  $\mu^j(x_i)$  здійснюється таким чином:

$$u_i = 4 \frac{x_n - x_n}{x_n - x_n}, \tilde{\mu}^j(u_n) = \mu^j(x_n) \quad (5)$$

Аналітичні вирази функцій  $\mu^j(x_1)$  від значення  $X_1$  (pHARTERIA), при  $PH = \overline{6,9; 7,45}$

$$\tilde{\mu}^H(X_1) = \begin{cases} \frac{3,575 - 0,5x_1}{0,12}, x_1 \in [6,9; 7,03] \\ \frac{3,725 - 0,5x_1}{0,42}, x_1 \in [7,03; 7,45] \end{cases}; \quad \tilde{\mu}^{HC}(X_1) = \begin{cases} \frac{0,5x_1 - 3,385}{0,13}, x_1 \in [6,9; 7,03] \\ \frac{3,655 - 0,5x_1}{0,14}, x_1 \in [7,03; 7,17] \\ \frac{3,725 - 0,5x_1}{0,28}, x_1 \in [7,17; 7,45] \end{cases};$$

$$\tilde{\mu}^C(X_1) = \begin{cases} \frac{x_1 - 6,9}{0,27}, x_1 \in [6,9; 7,17] \\ \frac{7,45 - x_1}{0,28}, x_1 \in [7,17; 7,45] \end{cases}; \quad \tilde{\mu}^{BC}(X_1) = \begin{cases} \frac{0,5x_1 - 3,45}{0,27}, x_1 \in [6,9; 7,17] \\ \frac{0,5x_1 - 3,515}{0,14}, x_1 \in [7,17; 7,31] \\ \frac{3,795 - 0,5x_1}{0,14}, x_1 \in [7,31; 7,45] \end{cases}; \quad \tilde{\mu}^B(X_1) = \begin{cases} \frac{0,5x_1 - 3,45}{0,4}, x_1 \in [6,9; 7,31] \\ \frac{0,5x_1 - 3,58}{0,14}, x_1 \in [7,31; 7,45] \end{cases}.$$

Аналітичні вирази функцій  $\mu^j(x_2)$  від значення  $X_2$  (pCO<sub>2</sub>, mmHgARTERIA),

при  $pCO_2 = \overline{10; 60}$

$$\tilde{\mu}^H(X_2) = \begin{cases} \frac{17,5 - 0,5x_2}{12,5}, x_2 \in [10; 22,5] \\ \frac{30 - 0,5x_2}{37,5}, x_2 \in [22,5; 60] \end{cases} \quad \tilde{\mu}^{HC}(X_2) = \begin{cases} \frac{1,25 + 0,5x_2}{12,5}, x_2 \in [10; 22,5] \\ \frac{23,75 - 0,5x_2}{12,5}, x_2 \in [22,5; 35] \\ \frac{30 - 0,5x_2}{25}, x_2 \in [35; 60] \end{cases} \quad \tilde{\mu}^C(X_2) = \begin{cases} \frac{x_2 - 10}{25}, x_2 \in [10; 35] \\ \frac{60 - x_2}{25}, x_2 \in [35; 60] \end{cases}$$

$$\tilde{\mu}^{BC}(X_2) = \begin{cases} \frac{0,5x_2 - 5}{25}, x_2 \in [10; 35] \\ \frac{0,5x_2 - 11,25}{12,5}, x_2 \in [35; 47,5] \\ \frac{60 - x_2}{12,5}, x_2 \in [47,5; 60] \end{cases} \quad \tilde{\mu}^B(X_2) = \begin{cases} \frac{0,5x_2 - 5}{37,5}, x_2 \in [10; 47,5] \\ \frac{30 - 0,5x_2}{12,5}, x_2 \in [47,5; 60] \end{cases}$$

Аналітичні вирази функцій  $\mu^j(x_3)$  від значення  $X_3$  ( $TCO_2$ , mmHgARTERIA), при  $TCO_2 = \overline{2; 40}$

$$\tilde{\mu}^H(X_3) = \begin{cases} \frac{10,5 - 0,5x_3}{9,5}, x_3 \in [2; 11,5] \\ \frac{20 - 0,5x_3}{28,5}, x_3 \in [11,5; 40] \end{cases} \quad \tilde{\mu}^{HC}(X_3) = \begin{cases} \frac{3,75 + 0,5x_3}{9,5}, x_3 \in [2; 11,5] \\ \frac{15,25 - 0,5x_3}{9,5}, x_3 \in [11,5; 21] \\ \frac{20 - 0,5x_3}{19}, x_3 \in [21; 40] \end{cases} \quad \tilde{\mu}^C(X_3) = \begin{cases} \frac{x_3 - 2}{19}, x_3 \in [2; 21] \\ \frac{40 - x_3}{19}, x_3 \in [21; 40] \end{cases}$$

$$\tilde{\mu}^{BC}(X_3) = \begin{cases} \frac{0,5x_3 - 1}{19}, x_3 \in [2; 21] \\ \frac{0,5x_3 - 5,75}{9,5}, x_3 \in [21; 30,5] \\ \frac{24,75 - 0,5x_3}{9,5}, x_3 \in [30,5; 40] \end{cases} \quad \tilde{\mu}^B(X_3) = \begin{cases} \frac{0,5x_3 - 1}{28,5}, x_3 \in [2; 30,5] \\ \frac{0,5x_3 - 10,5}{9,5}, x_3 \in [30,5; 40] \end{cases}$$

Аналітичні вирази функцій  $\mu^j(x_4)$  від значення  $X_4$  ( $TCO_2$ , mmHgARTERIA), при  $pO_2 = \overline{70; 150}$

$$\tilde{\mu}^H(X_4) = \begin{cases} \frac{55 - 0,5x_4}{20}, x_4 \in [70; 90] \\ \frac{75 - 0,5x_4}{60}, x_4 \in [90; 150] \end{cases} \quad \tilde{\mu}^{HC}(X_4) = \begin{cases} \frac{0,5x_4 - 25}{20}, x_4 \in [70; 90] \\ \frac{65 - 0,5x_4}{20}, x_4 \in [90; 110] \\ \frac{75 - 0,5x_4}{40}, x_4 \in [110; 150] \end{cases} \quad \tilde{\mu}^C(X_4) = \begin{cases} \frac{x_4 - 70}{40}, x_4 \in [70; 110] \\ \frac{150 - x_4}{40}, x_4 \in [110; 150] \end{cases}$$

$$\tilde{\mu}^{BC}(X_4) = \begin{cases} \frac{0,5x_4 - 35}{40}, x_4 \in [70; 110] \\ \frac{0,5x_4 - 45}{20}, x_4 \in [110; 130] \\ \frac{85 - 0,5x_4}{20}, x_4 \in [130; 150] \end{cases} \quad \tilde{\mu}^B(X_4) = \begin{cases} \frac{0,5x_4 - 35}{60}, x_4 \in [70; 130] \\ \frac{0,5x_4 - 55}{20}, x_4 \in [130; 150] \end{cases}$$

Прийняття рішення про ступінь важкості захворювання можна провести за таким алгоритмом:

- Крок 1: фіксується значення факторів для конкретного пацієнта  $x_n (n = \overline{1, 4})$ ;



- Крок 2: за формулами (1) – (4) визначається значення функцій належності  $\mu^j(x_n)$  при фіксованих значеннях факторів  $x_n$ ;
- Крок 3: за допомогою логічних рівнянь обчислюються функції належності  $\mu^{d_n}(x_1, x_2, \dots, x_n)$  для усіх ступенів важкості захворювання  $d_n$ ,  $n = \overline{1,4}$ . При цьому операції I ( $\cdot$ ) та АБО ( $\vee$ ) над функціями належності  $\mu(a)$  та  $\mu(b)$  замінюються на операції  $\min$  та  $\max$ :

$$\mu(a) \cdot \mu(b) = \min[\mu(a), \mu(b)]; \quad (6)$$

$$\mu(a) \vee \mu(b) = \max[\mu(a), \mu(b)]; \quad (7)$$

Крок 4: Визначається рішення  $d_0$ , для якого

$$\mu^{d_0}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max[\mu^{d_n}(x_1, x_2, \dots, x_n)] \quad (8)$$

Цьому рішенню і буде відповідати необхідний діапазон, який вказує на ступень рівня важкості при Diabetic Ketoacidosis.

## 2.5. Висновок

Розроблено математичні моделі і алгоритми, що формалізують процес прийняття діагностичних рішень на базі нечіткої логіки при кількісних і якісних параметрах стану хворого; розроблено математичні моделі функцій приналежності, формалізуючих представлення кількісних і якісних параметрів стану хворого у вигляді нечітких множин, використовуваних в моделях і алгоритмах діагностики та знаходження діагнозу при діабетичного кетоацидозу хворого.

## РОЗДІЛ 3. Розробка експертної системи та програмного забезпечення при оцінюванні кетоацидозу

### 3.1. Розробка архітектури експертної оптико-електронної системи

У загальному випадку вхідні змінні, які використовуються в експертній системі, можуть бути подані в якісній або кількісній формі. За допомогою експертної системи (ОЕЕС) забезпечуються введення вхідних змінних, перетворення кількісних змінних в якісні. Дана експертна система на базі нечіткого логічного введення реалізує також функції збору, зберігання, кореляційного аналізу та використання знань, які отримані експертами, з метою аналізу біомедичної інформації.

Архітектуру експертної оптико-електронної системи наведено на рис. 3.1.

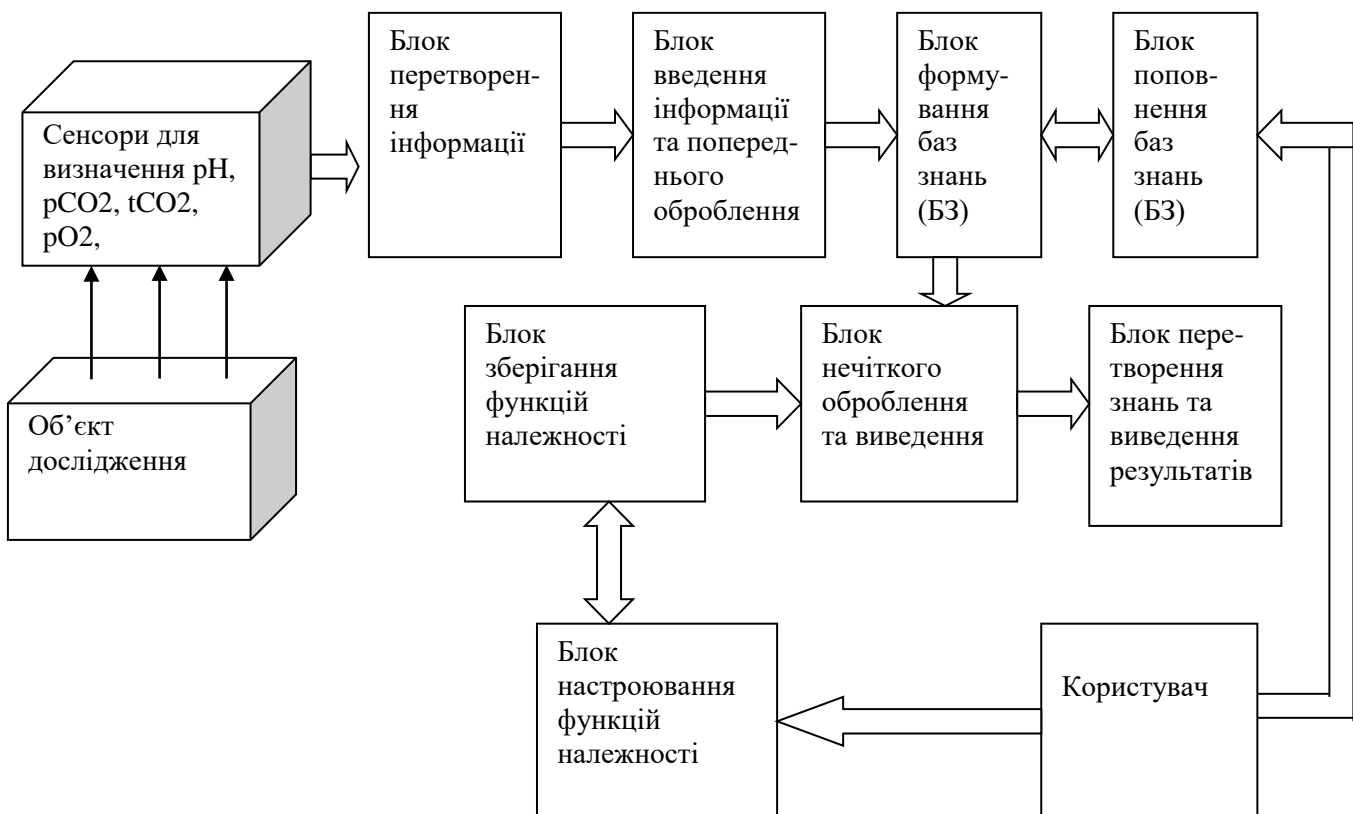


Рисунок 3.1 – Архітектура експертної оптико-електронної системи для аналізу біомедичної інформації

ОЕЕС складається об'єкта дослідження, блока перетворення біомедичної інформації, блока введення інформації та попереднього оброблення, блока формування баз знань та блока їх поповнення, блоків зберігання функцій належності та їх налагоджування, блока нечіткого оброблення та виведення, блока представлення знань та виведення результатів досліджень. На будь-якому етапі користувач може вносити корективи та поповнювати базу знань, налагоджувати функції належності. Блок нечіткого оброблення та виведення, який застосовується в експертній системі, допускає оброблення складної ієрархічної структури вхідних змінних, які можуть бути подані у вигляді дерева. Вихідний параметр приймає одно з  $k$ -значень. Приклад дерева "вхід - вихід" наведений на рис. 3.2.

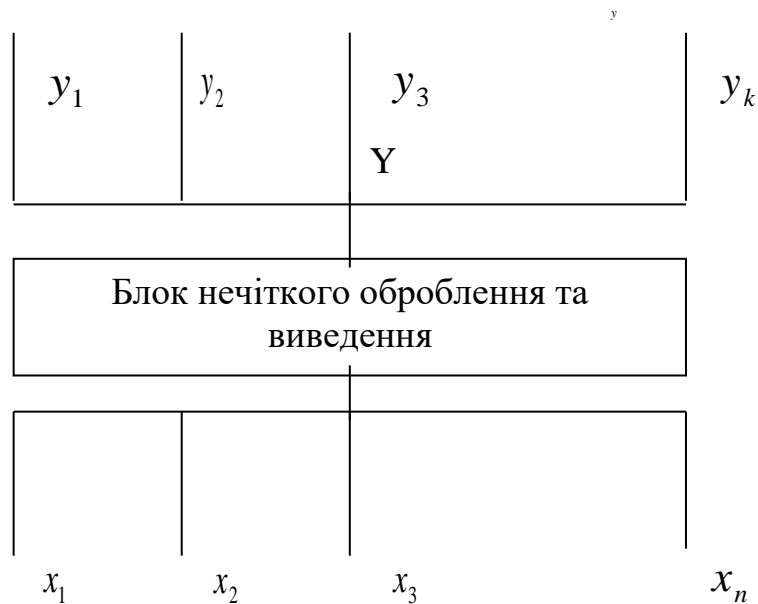


Рисунок 3.2 – Приклад дерева виведення

Використання запропонованої форми дерева дозволяє об'єднати в одній процедурі введення як структури бази знань так і нечітких знань.

Функція введення бази знань здійснюється у табличній формі на основі структури дерева виведення.

### 3.2. Розробка алгоритму роботи програмного забезпечення

Для реалізації роботи блоків настроювання, зберігання функцій належності

та нечіткого оброблення та виведення експертної системи в основу були покладені принципи отримання достовірного діагнозу на основі нечітких множин.

Основна ідеологія роботи інформаційної медичної експертної системи оцінювання важкості діабетичного кетоацидозу на основі введення блоків нечіткої логіки при оцінюванні стадії важкості при Diabetic відображена на рис. 2 (для підвищення достовірності оцінювання планується також проведення оцінювання по венозній складовій).

Результатом реалізації даних блоків розроблена програмна оболонка, при цьому користувачу пропонується після запуску програми ввести значення верхньої та нижньої шкали значень, що є в базі даних по певній патології, в нашому випадку ми вводимо значення, які є основними при визначенні.

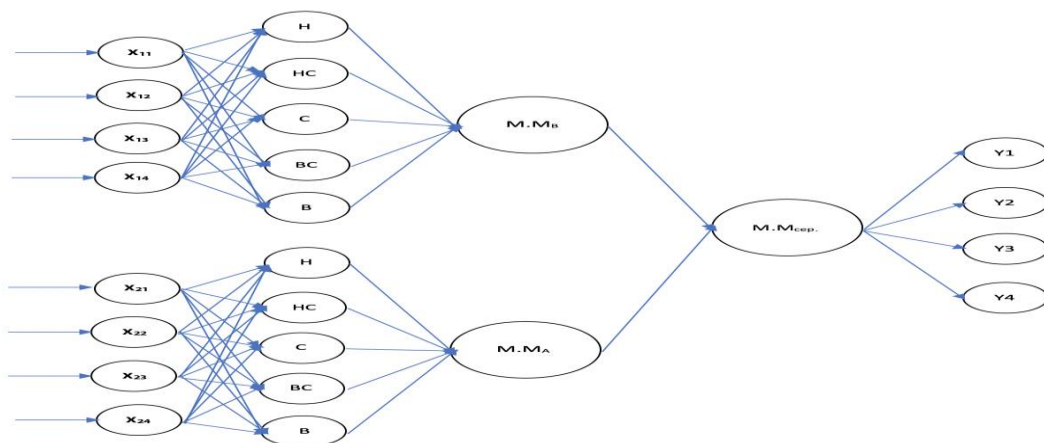


Рисунок 3.3 – Інформаційна медична експертна система оцінювання важкості діабетичного кето ацидозу на основі введення блоків нечіткої логіки

Алгоритм роботи програмного забезпечення зображений на рис. 3.4.

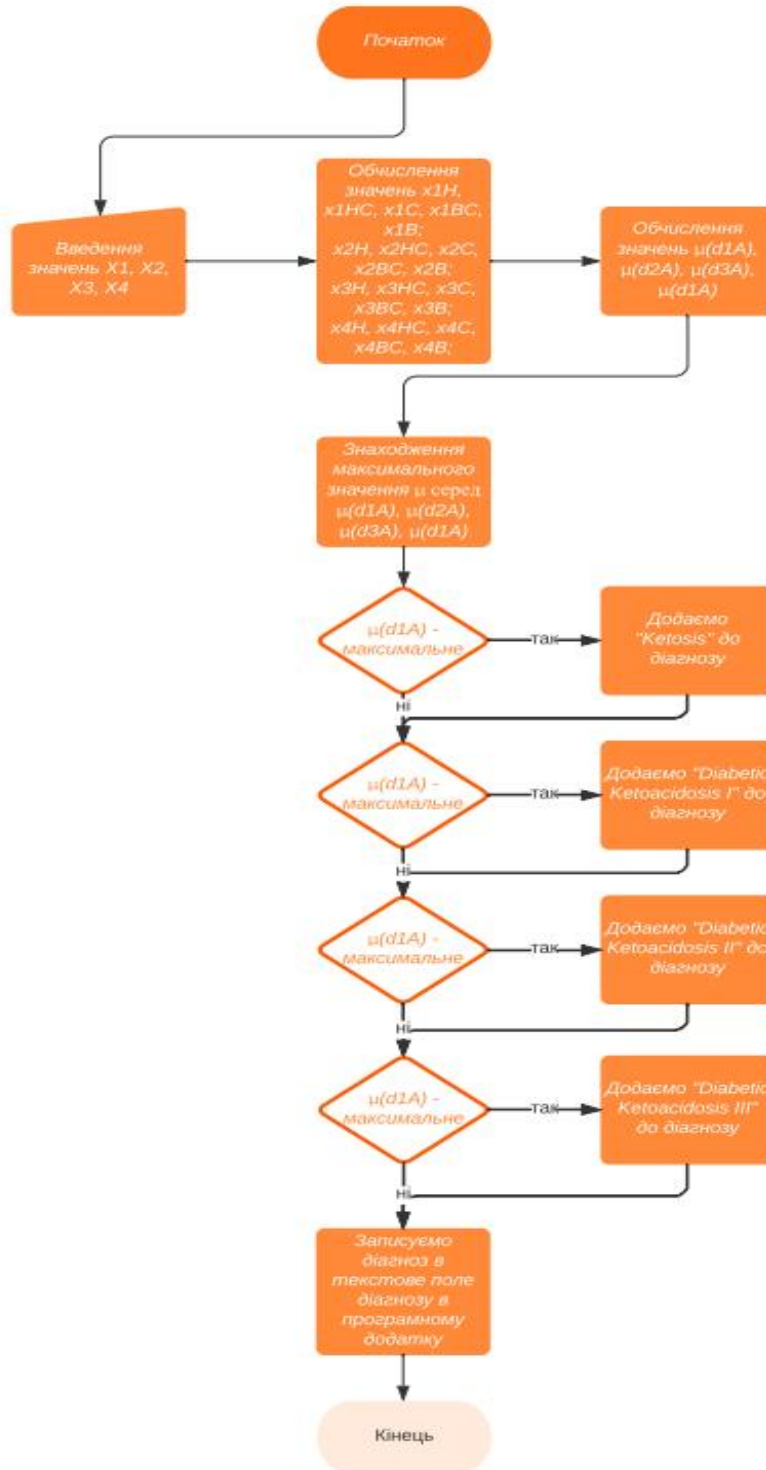


Рисунок 3.4 – Алгоритм роботи програмного забезпечення

### 3.3 Реалізація інтерфейсу користувача

Результатом реалізації даних блоків була програмна оболонка, що працює таким чином.

1. Користувачу пропонується після запуску програми ввести значення верхньої та нижньої шкали значень, що є в базі даних по певній на основі показників газів крові патології, в нашому випадку ми вводимо значення, які є основними при визначенні

2. Для продовження роботи з програмою, після заповнення всіх полів потрібно натиснути «save», для відновлення попередніх даних, що були введені раніше, користувачу потрібно натиснути «retire».

В таблиці 3.3.1 – наведено результати клінічних досліджень

<b>pH arterious X1</b>	<b>pCO<sub>2</sub> art X2</b>	<b>tCO<sub>2</sub> art X3</b>	<b>pO<sub>2</sub> art X4</b>		
7,224	15,1	6,7	70	2	2,3
7,273	22,4	11	120	1	2
7,188	15,6	6,4	119	2	2
7,345	31,4	18,1	96	1	2
7,163	27,2	10,6	141	3	4
7,098	8,8	3	144	3	3
7,293	27,8	14,3	82	1	2
7,379	22,5	14	94	1	2
7,08	11	3,7	127	3	4
7,27	24,8	12,2	75	2	2
7,05	15,8	5,4	180	3	4
6,93	23,2	5,6	86	3	4
7,232	18,3	8,3	113	2	2
7,374	21,9	13,4	110	1	2
7,154	21,4	8,2	117	2	2
6,98	18,4	4,9	132	3	4
7,227	17,6	7,9	114	2	2
7,17	13,7	5,4	126	2	2
7,031	13,5	4	156	3	3
7,25	14,1	6,6	119	1	2,3
7,067	12,8	4,1	119	3	3

7,12	13,3	4,7	123	3	4
7,315	19,8	10,7	110	1	2
7,221	13,8	6,1	119	2	2
7,346	29,3	16,9	91	1	2,3
7,129	12,3	4,5	127	3	4
7,342	26,4	15,1	110	1	2
7,04	20,1	6,1	111	3	4
7,347	13	7,5	113	1	2
7,123	27,3	9,8	109	3	4

На основі даних було розроблено програму для діагностування діабетичного кетоацидозу. Приклад діалогового вікна наведено на рис. 3.5.

Diagnosis of diabetic ketoacidosis

Department of Biomedical Engineering

Name:  1

Age:  3 Sex:  4

Patient:  2

Doctor:  2

X1(pH)  5 X1 ∈ [6.9; 7.45]

X2(pCO<sub>2</sub>)  6 X2 ∈ [10; 60]

X3(tCO<sub>2</sub>)  7 X3 ∈ [2; 40]

X4(pO<sub>2</sub>)  8 X4 ∈ [70; 150]

EN  UKR  9

Calculate 10

Diagnosis:  11

Save results

Рисунок 3.5 – Приклад діалогового вікна програми, де 1 – прізвище ім'я та по батькові пацієнта; 2 – прізвище ім'я та по батькові лікаря; 3 – вік пацієнта; 4 – стать пацієнта; 5 – текстове поле параметра X1 (рН); 6 – текстове поле параметра X2 (рСО<sub>2</sub>); 7 – текстове поле параметра X3 (tСО<sub>2</sub>); 8 – текстове поле параметра X4 (рО<sub>2</sub>); 9 - вибір мови програмного додатку; 10 - кнопка для обрахування результату; 11 – результат.

Diagnosis of diabetic ketoacidosis

Department of Biomedical Engineering

Name: Age: Sex:

Patient: Петров В.І. 55 Ч

Doctor: Коротков М.І.  EN  UKR

X1(pH) 7,2 X1 ∈ [6.9; 7.45]

X2(pCO<sub>2</sub>) 15 X2 ∈ [10; 60]

X3(tCO<sub>2</sub>) 32 X3 ∈ [2; 40]

X4(pO<sub>2</sub>) 85 X4 ∈ [70; 150]

Diagnosis:

Diabetic Ketoacidosis I  
Diabetic Ketoacidosis II

Save results

d1A = 0.1, d2A = 0.210526316  
d3A = 0.210526316, d4A = 0.140350877

Рисунок 3.6 – Приклад як працює програма

Після вводу даних пацієнта та результатів клінічних досліджень в програмі, відбувається збереження даних в папку Results, яка зображена на рис. 3.7.

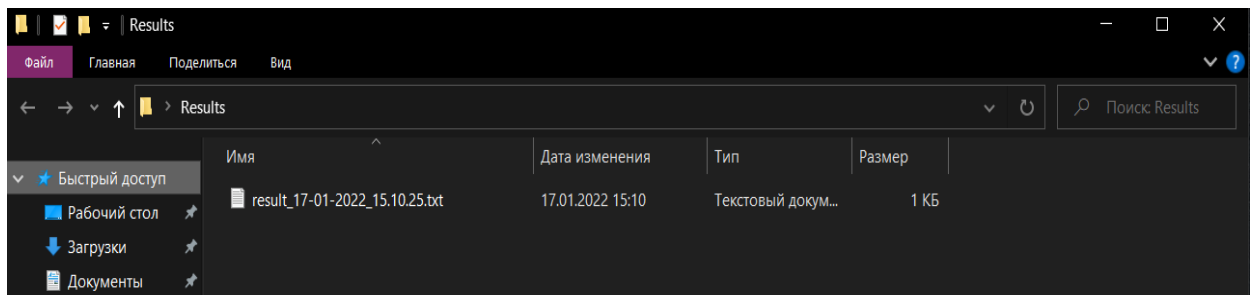


Рисунок 3.7 – Збережений файл результатів пацієнта

На наступному рисунку зображений файл з результатами на якому зображено: прізвище, ім'я та по батькові лікаря і пацієнта, вік, стать та результат клінічного дослідження пацієнта, дата проведення дослідження.



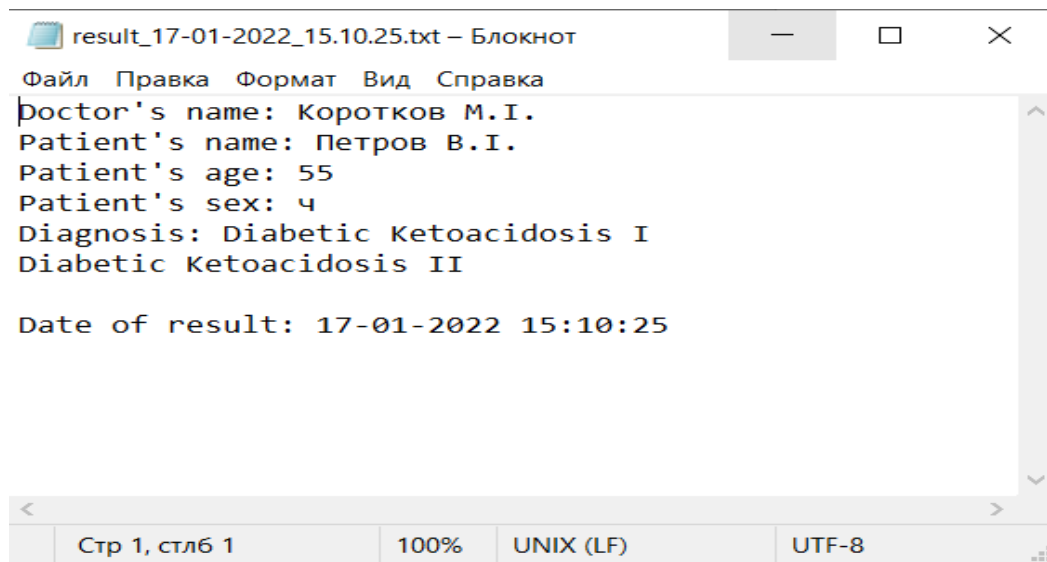


Рисунок 3.7 – Збережене діалогове вікно

### 3.4. Висновок

Практична цінність роботи полягає в можливості застосування автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на базі нечіткої логіки при класифікації ступеня важкості діабетичного кетоацидозу. Створена програмна оболонка на базі нечіткої експертної системи. Ця оболонка може використовуватися як інструментальний засіб для проектування об'єктно-орієнтованих систем, необхідних для інтелектуальної підтримки ухвалення діагностичних рішень в різних областях медицини, включаючи клінічну практику і підготовку лікарів-діагностів. Особливістю пропонованої оболонки є те, що вона дозволяє створювати експертні діагностичні системи без спеціальної підготовки у області програмування і теорії нечітких множин.

## РОЗДІЛ 4. Охорона праці

У цьому розділі з охорони праці бакалаврської роботи досліджені такі питання як технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць, електробезпека, пожежна безпека, мікроклімат, склад повітря робочої зони, виробниче освітлення, виробничий шум, виробничі випромінювання тощо для інженерів-проектувальників, що будуть розробляти інформаційну медичну експертну систему оцінювання важкості діабетичного кетоацидозу на основі показників газів крові.

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини. Метою запровадження заходів з охорони праці є забезпечення здорових та безпечних умов праці. Завданням системи управління охорони праці на підприємстві є зведення до мінімуму вірогідності травмувань та виникнення професійних захворювань.

Отже на персонал, що розробляє інформаційну медичну експертну систему оцінювання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [1, 2].

Фізичні фактори:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищена та знижена рухливість повітря;
- підвищена та знижена іонізація повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- нестача природного освітлення;
- підвищена яскравість світла;
- підвищена контрастність;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;

- підвищений рівень електромагнітних випромінювань.

Психофізіологічні фактори:

- фізичні навантаження (статичні);
- нервово-психічні перенавантаження (емоційні перенавантаження, перенапруга аналізаторів, розумові перенапруги).

#### **4.1. Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта**

##### **4.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць**

Площа, відведена на одне робоче місце інженера-проектувальника становить не менше 6 кв.м., а об'єм – не менше 20 куб.м.. Конструкція робочого місця забезпечена підтриманням оптимальної робочої пози, тобто такої, яка дозволяє працівникові виконувати роботу з мінімальним напруженням тіла, і яка дозволяє уникнути перевтоми в ході і після закінчення робочого процесу.

За потреби особливої концентрації уваги під час виконання робіт суміжні робочі місця операторів необхідно відділяти одне від одного перегородками висотою 1,5–2 м.

Робочі місця розташовані відносно джерела природного світла (вікон) таким чином, щоб світло падало збоку, переважно зліва.

- стіл має висоту поверхні 680–800 мм, ширину 600–1400 мм і глибину 800–1000 мм. Такі параметри забезпечують можливість виконання операцій в зоні досяжності працівника;

- робочий стілець підйомно-поворотний, з можливістю регулювання висоти, бажано зі стаціонарними або змінними підлікотниками і напівм'якою нековзкою поверхнею сидіння, що легко чиститься і не електризується;

- екран комп'ютера розташовується на оптимальній відстані від користувача, що становить 600–700 мм, але не менше 600 мм з урахуванням літерно-цифрових знаків і символів;

- відстань між бічними поверхнями персональних комп'ютерів повинна бути не менше 1,2 метри;

- відстань від тильної поверхні одного персонального комп'ютера до екрана іншого – 2,5 метри.

-персональний комп'ютер та його комплектуючі (монітор та інші периферійні пристрої) не повинні потрапляти під прямі промені сонячного світла та під дію інших джерел тепла (батареї опалення та інші прилади для обігріву приміщень).

#### **4.1.2 Електробезпека**

Для живлення обладнання та системи освітлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ [4, 5] умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами без підвищеної небезпеки, тому що відсутні фактори підвищеної небезпеки.

Загальні вимога безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення. Електропривод насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил улаштування електричних установок.

Основні технічні заходи та засоби з забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляцію струмопровідних частин;
- недоступність струмопровідних частин;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованих від землі;
- захисне розділення електричних мереж;
- компенсацію ємкісних струмів замикання на землю;
- вирівнювання потенціалів.

## 4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

### 4.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [6]. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень [6] наведені в таблиці 4.1. Робота інженерів-конструкторів з розробки інформаційної медичної експертної системи оцінювання відноситься до категорії Іа з важкості праці.

Таблиця 4.1 – Допустимі норми параметрів повітря на постійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху повітря, м/с
		Допустима на робочих місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях	Доп. на пост і непост. роб. місцях
Холодний	Легка Іа	21-25	75	не більше 0,1
Теплий	Легка Іа	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2

Для забезпечення потрібних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [7]:

1. Утеплення фасаду будівлі
2. Встановлено вентиляцію приміщень

### 4.2.2. Склад повітря робочої зони

В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути пил нетоксичний. Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення [6] наведені в таблиці 5.2.

Для забезпечення нормального складу повітря робочої зони передбачені

такі технічні рішення [7]:

- робочі місця, де можливе виділення пилю та шкідливих речовин, обладнані вентиляційними пристроями, які постійно готові до роботи;
- будь-які порушення в роботі системи вентиляції відображаються попереджувальними сигнальними пристроями;
- установки для кондиціонування повітря або механічні вентиляційні установки під час їх роботи не створюють протягів для працівників.

Таблиця 4.2 – Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення

Найменування речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

#### 4.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Штучне освітлення в будівлі запроектоване загальне, освітлення, за якого світильники розміщуються рівномірно у верхній зоні приміщення (загальне рівномірне освітлення).

Характеристика зорових робіт – високої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-

28-2018 [8] розряд зорової роботи III, підрозряд «а». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 4.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Високої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	а	малий	темний	2 000	200	-	3,0

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

#### 4.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму, що розглядаються в роботі, для офісних працівників є шум комп'ютерних пристроїв. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль,

підвищення втоми, зниження працездатності. Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум – широкопasmовий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – гідродинамічний [9]. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкопasmового (тонального) шуму наведено в таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкопasmового (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Творча діяльність, наукова діяльність, конструювання і проектування, програмування	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено:



- раціональне розташування робочих місць;
- постійний контроль режиму праці і відпочинку працівників;
- обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

#### **4.2.5 Виробничі випромінювання**

Випромінювання від комп'ютера відбувається в діапазоні 20 Гц –300 МГц. Метричний розподіл діапазонів становить метрові хвилі (дуже високі частоти). ГДР – 6 В/м, Довжина хвиль 10-1 м. Час опромінення з однопорядковою інтенсивністю не більше 12 годин на добу. Відношення тривалості випромінювання до загального часу роботи за добу – 0,5.

#### **4.3 Пожежна безпека**

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Отже, приміщення, де відбувається розробка інформаційної медичної експертної системи оцінювання, за вибухонебезпечною та пожежонебезпечною відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В з зонами П-Ia – зони в приміщеннях, де є тверді горючі речовини чи матеріали.

Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення

горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо-вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується IIIа ступенем вогнестійкості. До IIIа ступеня вогнестійкості відносяться будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса – з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 4.5.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхові (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки , ферми, арки, рами
IIIа	REI 60 M0	REI 30 M0	E 15 M1	E1 15 M1	R 15 M0	R 60 M0	REI 15 M0	RE 15 M1	R 15 M0

Таблиця 4.6. – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	4	REI 15	3	2

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.7 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 4.7 (знаменник) [15].

Таблиця 4.7 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
IIIa	10/12	10/15	15/18

На поверсі будівлі, де знаходиться лабораторія для проведення медичних досліджень, встановлено 7 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) [16].

## ВИСНОВКИ

В бакалаврській кваліфікаційній роботі отримано такі науково-дослідницькі та практичні результати:

- Було проаналізовано принципи побудови та особливості роботи ЕС, що дозволило зробити висновок про перспективність розроблення ЕС для підтримки прийняття рішень при аналізі біомедичних зображень на основі евристичного характеру знань, що дозволить реалізувати можливість інтерактивної взаємодії оператора з ЕС. Також проаналізовано основні напрями застосування математичних методів в медичній діагностиці, оцінити їх недоліки, сформулювати принципи діагностики на нечіткій логіці.
- Розроблено математичні моделі і алгоритми, що формалізують процес прийняття діагностичних рішень на базі нечіткої логіки при кількісних і якісних параметрах стану хворого; розроблено математичні моделі функцій приналежності, формалізуючих представлення кількісних і якісних параметрів стану хворого у вигляді нечітких множин, використовуваних в моделях і алгоритмах діагностики та знаходження діагнозу при діабетичного кетоацидозу хворого.
- Розроблені моделі і алгоритми медичної діагностики базуються на ідеях і принципах штучного інтелекту та інженерії знань, теорії планування експерименту, теорії нечітких множин і лінгвістичних змінних.
- Практична цінність роботи полягає в можливості застосування автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на базі нечіткої логіки при класифікації ступеня важкості діабетичному кетоацидозі. Створена програмна оболонка на базі нечіткої експертної системи. Ця оболонка може використовуватися як інструментальний засіб для проектування об'єктно-орієнтованих систем,

необхідних для інтелектуальної підтримки ухвалення діагностичних рішень в різних областях медицини, включаючи клінічну практику і підготовку лікарів-діагностів. Особливістю пропонованої оболонки є те, що вона дозволяє створювати експертні діагностичні системи без спеціальної підготовки у області програмування і теорії нечітких множин.

Результати роботи відображені в 3 опублікованих працях, у тому числі: одна у зарубіжному виданні, що входять у наукометричну базу даних Scopus; 2-х у тезах доповідей на конференціях різних рівнів.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Попов Э. В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ / Попов Э. В. – М. : Наука, 1987. – 288 с.
2. Поспелов Д. А. Искусственный интеллект –основа новой информационной технологии / Поспелов Д. А. – М. : Наука, 1988. – 269 с.
3. Продеус А. Н. Экспертные системы в медицине / Продеус А. Н., Захрабова Е. Н. – К. : ВЕК, 1998. – 320 с.
4. Хейеса-Рота Ф. Построение экспертных систем / Ф. Хейеса-Рота, Д. Уотермана, Д. Лената; пер. с англ. – М. : Мир, 1987. – 441 с.
5. Rotshtein A. Design and Tuning of Fussy IF – THEN Vuly for Medical Didicol Diagnosis. In Fussy and Neuro-Fussy Systems in Medicine (Eds: N. Teodovescu, A. Kandel, I. Lain.). – USA. CRC-Press, 1998, pp. 235–295.
6. Павлов С.В. Оптико електронний метод для дослідження трофічного комплексу тканини / С. В. Павлов, П. Ф. Колісник, М. В. Матохнюк, І. Я. Островський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. – № 1. – С. 55 – 60.
7. Туктарова Л. Р. Интеллектуальные информационные системы [Электронный ресурс] / Режим доступа до джер.: [http:// www.ugkr.ru/Lektiis.html](http://www.ugkr.ru/Lektiis.html)
8. Микаэлян А. Л. Оптические методы в информатике: запись, обработка и передача информации / Микаэлян А. Л. – М. : Наука. Современные физические проблемы, 1990. – 250 с.
9. Акаев А. А. Оптические методы обработки информации / Акаев А. А., Майоров С. А. – М. : Высш. шк., 1988. – 214 с.
- 10.Хуан К. Перспективные методы параллельной обработки и архитектура супер-ЭВМ / Хуан К. — ТИИЭР, 1987. – т. 75. – № 10.
- 11.Комарцова Л. Г. Нейрокмпыютеры / Комарцова Л. Г., Максимов А. В.– М. : МГТУ, 2002. – 320 с.

12. Русин Б. П. Системы синтеза, обработки та розпізнавання складноструктурованих зображень / Русин Б. П. – Львів : Вертикаль, 1997. – 264 с.
13. Исахара С. Оптические компьютеры / Исахара С. – М. : Наука. сер. Компьютеры в физике, 1992. – 250 с.
14. Оптическая обработка информации, применения / под ред. Д. Касасента; пер. с англ. – М. : Мир, 1980. – 330 с.
15. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / Прэтт У. – М. : Мир, т. 1, 2. 1982.
16. Кветний Р. Н. Автоматизована система для прийняття експертних рішень з використанням GARCH-моделей / Р. Н. Кветний, В. Ю. Коцюбинський, Л. М. Кислиця // Систем. технології. – 2008. – № 3, т. 2. – С. 150 – 156.
17. Дубовий В. М. Контроль та керування в мережах теплопостачання / В. М. Дубовий, В. В. Кабачій, Ю. М. Паночишин // Монографія – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. – 189 с.
18. Нейрокомпьютеры и их применение / Тематический выпуск "Зарубежная радиоэлектроника". – 1997. – № 2. – 80 с.
19. Khan, Vinshi, et al. "Incidence, Predictors and Outcomes of Cerebral Edema Among Patients With Diabetic Ketoacidosis (DKA) From Nationwide Inpatient Sample (NIS) 2002-2015: 2725." *American Journal of Gastroenterology* 113 (2018): S1519.
20. Rotshtein A. Design and Tuning of Fussy IF – THEN Vuly for Medical Didicol Diagnosis. In *Fuzzy and Neuro-Fuzzy Systems in Medicine* (Eds: N. Teodorescu, A. Kandel, I. Lain.). – USA. CRC-Press, 1998, pp. 235–295.
21. [Valentina K. Serkova](#), [Sergey V. Pavlov](#), [Valentina A. Romanava](#), et al. Medical expert system for assessment of coronary heart disease destabilization based on the analysis of the level of soluble vascular adhesion molecules // *Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017*, 104453O; doi: 10.1117/12.2280984.

22. Khan, Vinshi, et al. "Incidence, Predictors and Outcomes of Cerebral Edema Among Patients With Diabetic Ketoacidosis (DKA) From Nationwide Inpatient Sample (NIS) 2002-2015: 2725." *American Journal of Gastroenterology* 113 (2018): S1519.
23. Desai, Dimpi, et al. "Health care utilization and burden of diabetic ketoacidosis in the US over the past decade: a nationwide analysis." *Diabetes Care* 41.8 (2018): 1631-1638.
24. Nyenwe, Ebenezer A., and Abbas E. Kitabchi. "The evolution of diabetic ketoacidosis: an update of its etiology, pathogenesis and management." *Metabolism* 65.4 (2016): 507-521.
25. Pavlov V.S. . *Information Technology in Medical Diagnostics II* // Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336.
26. O.V. Katelian, S.D. Himych, P.F. Kolesnic, A.S. Barylo, V.S. Pavlov, T.I. Kozlovska, M. Maciejewski & A. Kalizhanova. Study of the peripheral blood circulation of an abdominal wall using optoelectronic plethysmograph/*Information Technology in Medical Diagnostics II*. CRC Press, Balkema book, 2019 Taylor & Francis Group, London, UK, PP. 119-125.
27. [Tetyana I. Kozlovska; Sergii V. Sander; Sergii M. Zlepko; Valentina B. Vasilenko; Volodymyr S. Pavlov](#), et al. Device to determine the level of peripheral blood circulation and saturation, *Proc. SPIE* 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2016, 100312Z (September 28, 2016); doi:10.1117/12.2249131.
28. Wolfsdorf, Joseph I., et al. "ISPAD Clinical Practice Consensus Guidelines 2018: Diabetic ketoacidosis and the hyperglycemic hyperosmolar state." *Pediatric diabetes* 19 (2018): 155-177.
29. International Diabetes Federation. *IDF Diabetes Atlas*, 8th edn. Brussels, Belgium: International Diabetes Federation, 2017.



30. Taubayev, G., Bychkov, A.L., Murzin, F.A., Khairulin, S.S., Abdikerimova, G.B. Machine learning algorithms and classification of textures. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* this link is disabled, 2020, 98(23), стр. 3854–3866.
31. Abdikerimova, G.B., Murzin, F.A., Bychkov, A.L., Ryabchikova, E.I., Xinyu, W.E., Ayazbayev, T. The analysis of textural images on the basis of orthogonal transformations. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* this link is disabled, 2019, 97(1), стр. 15–22
32. Abdikerimova, G.B., Bychkov, A.L., Khayrulin, S.S., F.A. Murzin, N.E. Russkikh, Ryabchikova, E.I., Xinyu, W. Analysis of images obtained by the transmission electronic microscopy. *Materials Today: Proceedings* this link is disabled, 2019, 12, стр. 90–92
33. Abdikerimova, G.B., Murzin, F.A., Bychkov, A.L., Xinyu, W.E.I., Ryabchikova, E.I. Software tools for cell walls segmentation in microphotography. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology* this link is disabled, 2018, 96(15), стр. 4783–479.
34. Oleksandr Vasilevskyi, Volodymyr Didych, Anna Kravchenko, Maksym Yakovlev, Iryna Andrikevych, Dmytro Kompanets, Yevhen Danylyuk, Waldemar Wójcik, Askhat Nurmakhambetov, Method of evaluating the level of confidence based on metrological risks for determining the coverage factor in the concept of uncertainty, *Proceedings Volume 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018*, 108082C.
35. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=58073](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073).
36. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і

шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

- 37.ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.
- 38.ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
- 39.НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
- 40.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
- 41.ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
- 42.ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
- 43.ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
- 44.ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
- 45.НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [Чинний від 2021-

- 01-22]. Вид. офіц. К. : МВС України, 2014. 47 с.
- 46.ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека. Загальні положення. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 84 с.
- 47.ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. [Чинний від 2020-01-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2020. 75 с.
- 48.ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. [Чинний від 2017-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 31 с.
- 49.ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-02-01]. Вид. офіц. К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016. 35 с.
- 50.Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників. Наказ МВС № 765 від 28.10.2020. [Чинний від 2021-01-26]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

**Додаток А**

Вінницький національний технічний університет

Затверджую  
Завідувач кафедри  
БМІОЕС к.т.н., доц.  
Коваль Л.Г.

---

“ 24 ” березня 2022р

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

**Інформаційна медична експертна система оцінювання важкості  
діабетичного кетоацидозу на основі показників газів крові**

Керівник проекту: професор  
кафедри БМІОЕС, д.т.н., професор  
\_\_\_\_\_ Павлов С.В.

**Виконавець: студент групи БМІ-18 б.**  
\_\_\_\_\_ Шевчук К.С.

## **1. Підстава для виконання роботи**

Індивідуальне завдання на дипломний проект, затверджене наказом по ВНТУ №66 від «24» березня 2022р.

## **2. Мета та призначення**

**Метою магістерської дипломної роботи є створення**

**Метою дослідження є** реалізація автоматизованої експертної системи для вирішення задач медичної діагностики на базі нечіткої логіки при Diabetic Ketoacidosis.

В роботі необхідно проаналізувати основні напрями застосування математичних методів в медичній діагностиці, оцінено їх недоліки, сформульовано принципи діагностики, що базуються на нечіткій логіці; розроблено математичні моделі і алгоритми, що формалізують процес прийняття діагностичних рішень на базі нечіткої логіки при кількісних і якісних параметрах стану хворого; розроблено математичні моделі функцій приналежності, формалізуючих представлення кількісних параметрів стану хворого у вигляді нечітких множин, використовуваних в моделях і алгоритмах діагностики та знаходження діагнозу при Diabetic Ketoacidosis хворого.

## **3. Технічні вимоги**

1. Експертна система для оцінювання діабетичного кетоацидозу на основі показників газів крові
2. Сенсори для визначення рН крові, парціальний тиск вуглекислого газу -  $pCO_2$ , загальний вміст вуглекислого газу крові-  $tCO_2$  та парціальний тиск кисню -  $pO_2$
3. Вимоги до архітектури експертної системи - За допомогою експертної системи (ОЕЕС) забезпечуються введення вхідних змінних, перетворення кількісних змінних в якісні. Дана експертна система на базі нечіткого логічного введення реалізує також функції збору, зберігання, кореляційного аналізу та використання знань, які отримані експертами, з метою аналізу біомедичної інформації.

#### 4. Джерела розробки

1. Продеус А. Н. Экспертные системы в медицине / Продеус А. Н., Захрабова Е. Н. – К. : ВЕК, 1998. – 320 с.
2. Хейеса-Рота Ф. Построение экспертных систем / Ф. Хейеса-Рота, Д. Уотермана, Д. Лената; пер. с англ. – М. : Мир, 1987. – 441 с.
3. Rotshtein A. Design and Tuning of Fussy IF – THEN Vuly for Medical Didicol Diagnosis. In Fussy and Neuro-Fussy Systems in Medicine (Eds: N. Teodovescu, A. Kandel, I. Lain.). – USA. CRC-Press, 1998, pp. 235–295.
4. Павлов С.В. Оптико електронний метод для дослідження трофічного комплексу тканини / С. В. Павлов, П. Ф. Колісник, М. В. Матохнюк, І. Я. Островський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2001. – № 1. – С. 55 – 60.
5. Туктарова Л. Р. Интеллектуальные информационные системы [Електронний ресурс] / Режим доступу до джер.: [http:// www.ugkr.ru/Lektiis.html](http://www.ugkr.ru/Lektiis.html)
6. Desai, Dimpi, et al. "Health care utilization and burden of diabetic ketoacidosis in the US over the past decade: a nationwide analysis." *Diabetes Care* 41.8 (2018): 1631-1638.
7. Nyenwe, Ebenezer A., and Abbas E. Kitabchi. "The evolution of diabetic ketoacidosis: an update of its etiology, pathogenesis and management." *Metabolism* 65.4 (2016): 507-521.
8. Pavlov V.S. . Information Technology in Medical Diagnostics II // Wójcik, W., Pavlov, S., Kalimoldayev, M. (2019). London: Taylor & Francis Group, CRC Press, Balkema book. – 336.

## 5. Етапи ДП (ДР) і терміни його виконання

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка, погодження і затвердження ТЗ	24.03.22	
2	Аналітичний огляд літературних джерел за темою БДР, техніко-економічне обґрунтування розробки	14.04.22	
3	Вибір та обґрунтування електричних схем, розробка, їх аналіз, технічні розрахунки	1.05.22	
4	Аналіз і розрахунки економічних показників, розробка заходів безпеки	15.05.22	
5	Оформлення необхідної технічної документації, підготовка бакалаврської дипломної роботи до публічного захисту	15.06.22	

## 6. Порядок контролю і приймання

Контроль за виконанням бакалаврської кваліфікаційної роботи та його етапів покладається на керівника.

Зміст розділів з економічних питань та питань охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях погоджується зі спеціалістами (консультантами) з даних питань.

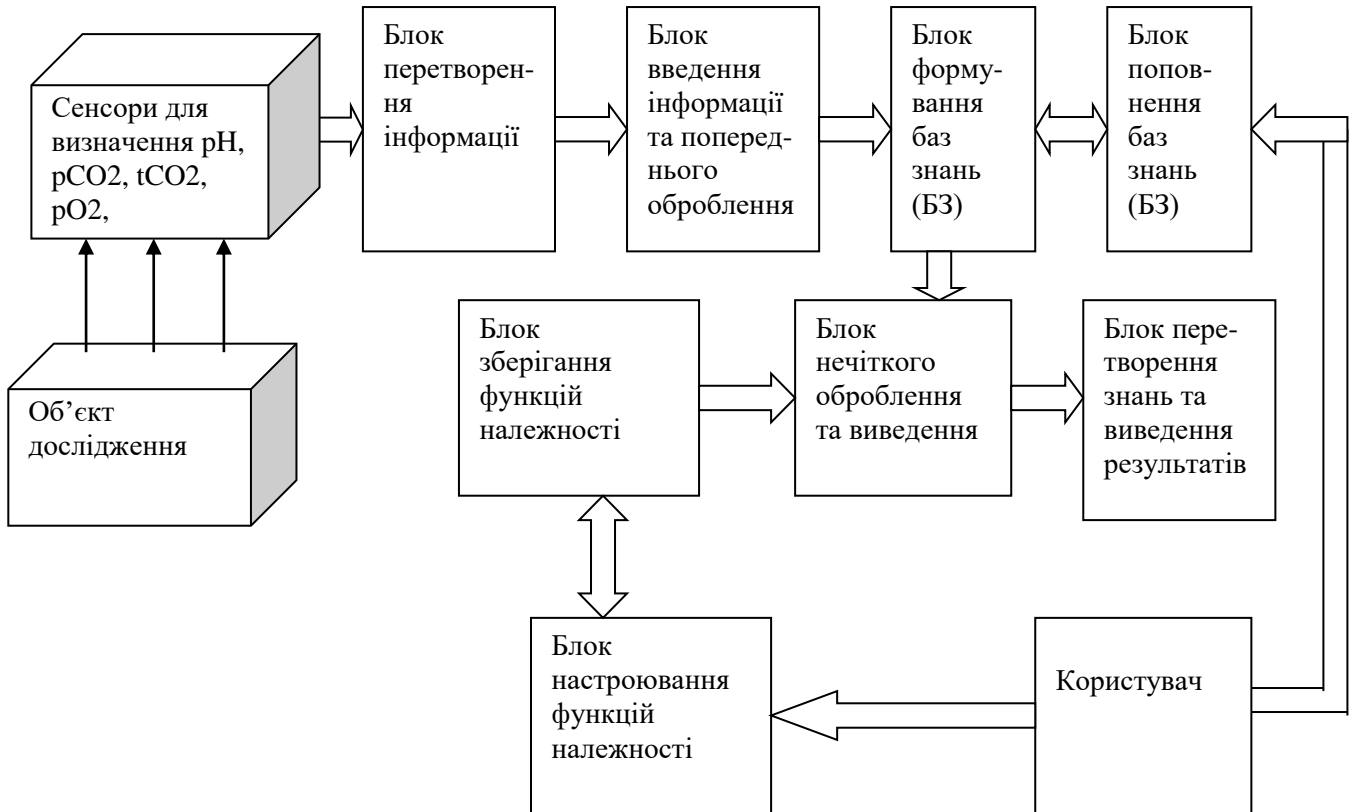
Порядок контролю та прийому дипломного проекту визначається графіком консультацій, попереднього захисту проекту, який затверджується кафедрою БМІОЕС та остаточного захисту перед ДЕК. Корегування стадій та етапів виконання проекту може проводитись при узгодженні з керівником проекту.

## 7. Вимоги щодо технічного захисту інформації

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з технічного захисту не передбачаються.

## Додаток В

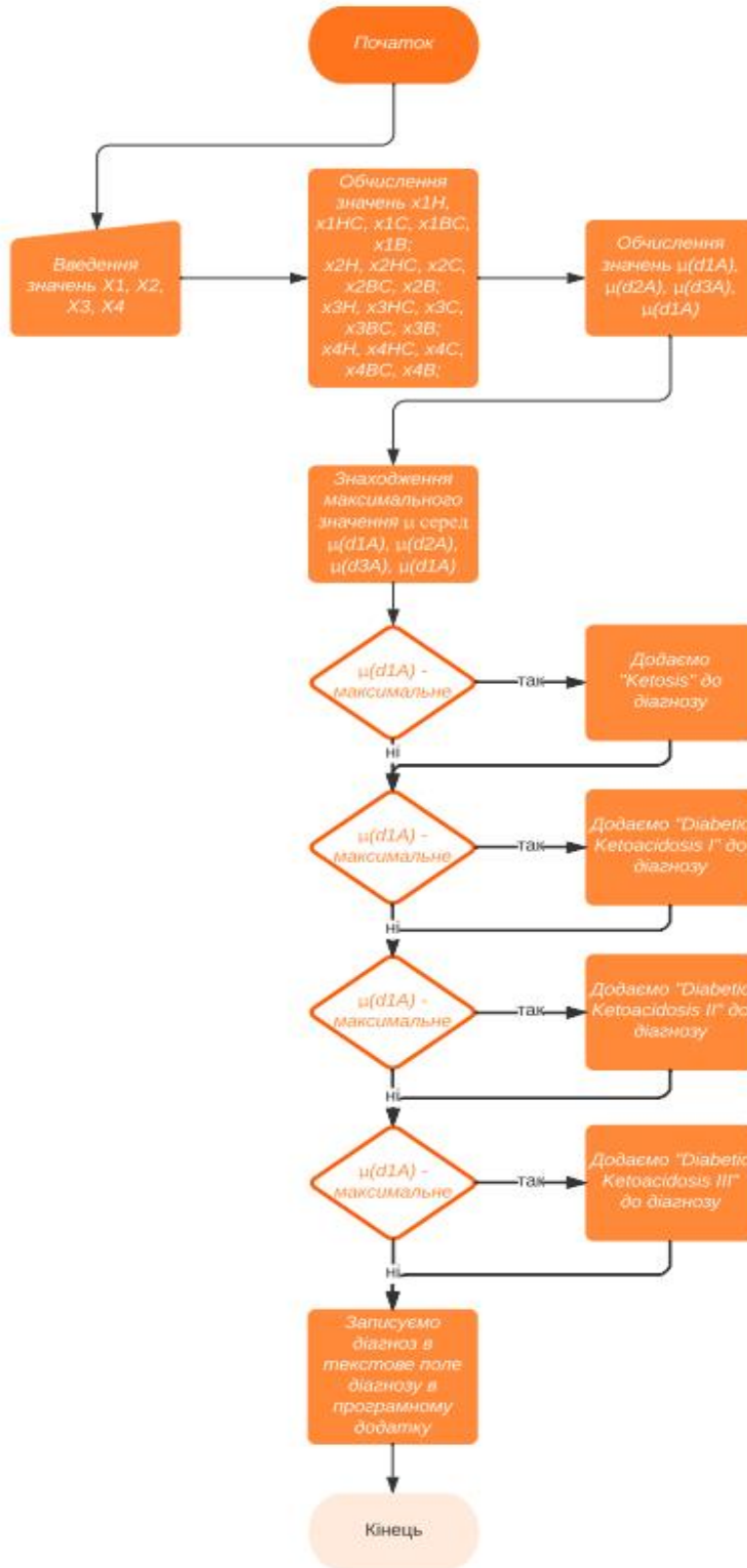
### Архітектура експертної оптико-електронної системи для аналізу біомедичної інформації





## Додаток С

### Алгоритм роботи програмного забезпечення



**Додаток D**  
**Лістинг програмного забезпечення**

Main.java

```
package sample;

import javafx.application.Application;
import javafx.fxml.FXMLLoader;
import javafx.scene.Parent;
import javafx.scene.Scene;
import javafx.scene.image.Image;
import javafx.stage.Stage;

public class Main extends Application {

    @Override
    public void start(Stage primaryStage) throws Exception {
        Parent root = FXMLLoader.load(getClass().getResource("sample.fxml"));
        primaryStage.getIcons().add(new Image("diabetic.png"));
        primaryStage.setTitle("Diagnosis of diabetic ketoacidosis");
        primaryStage.setScene(new Scene(root, 650, 425));
        primaryStage.setResizable(false);
        primaryStage.show();
    }

    public static void main(String[] args) {
        launch(args);
    }
}
```

## Controller.java

```
package sample;

import javafx.fxml.FXML;
import javafx.scene.control.*;
import javafx.scene.text.Text;

import java.io.*;
import java.net.URL;
import java.nio.charset.StandardCharsets;
import java.nio.file.Files;
import java.nio.file.Paths;
import java.text.DecimalFormat;
import java.text.DecimalFormatSymbols;
import java.time.LocalDate;
import java.time.format.DateTimeFormatter;
import java.util.Arrays;
import java.util.Locale;
import java.util.ResourceBundle;

public class Controller {

    @FXML
    private ResourceBundle resources;

    @FXML
    private URL location;
```

@FXML

private RadioButton EnRadioBtn;

@FXML

private RadioButton UkrRadioBtn;

@FXML

private Button calculateBtn;

@FXML

private Text diagnosisText;

@FXML

private Text diagnosisTxt;

@FXML

private TextField doctorName;

@FXML

private Text errorText;

@FXML

private ToggleGroup lang;

@FXML

private TextField patientAge;

@FXML

private TextField patientName;

@FXML

private TextField patientSex;

@FXML

private Text doctorText;

@FXML

private Text patientText;

@FXML

private Text nameText;

@FXML

private Text ageText;

@FXML

private Text sexText;

@FXML

private Text upTxt;

@FXML

private TextField x1inputField;

@FXML

private TextField x2inputField;

@FXML

```
private TextField x3inputField;
```

```
@FXML
```

```
private TextField x4inputField;
```

```
@FXML
```

```
private CheckBox checkSaveResults;
```

```
@FXML
```

```
void initialize() {
```

```
    calculateBtn.setOnAction(event -> {
```

```
        errorText.setText("");
```

```
        diagnosisText.setText("");
```

```
        String lang = "unknown";
```

```
        if (EnRadioBtn.isSelected()) {
```

```
            lang = "EN";
```

```
        }
```

```
        if (UkrRadioBtn.isSelected()) {
```

```
            lang = "UKR";
```

```
        }
```

```
        if (lang.equals("UKR")) {
```

```
            calculateBtn.setText("Розрахувати");
```

```
            diagnosisTxt.setText("Діагноз:");
```

```
            upTxt.setText("Кафедра біомедичної інженерії");
```

```
            doctorText.setText("Лікар:");
```

```
            patientText.setText("Пацієнт:");
```

```
nameText.setText("Ім'я:");
ageText.setText("Вік:");
sexText.setText("Стать:");
}
if (lang.equals("EN")) {
    calculateBtn.setText("Calculate");
    diagnosisTxt.setText("Diagnosis:");
    upTxt.setText("Department of Biomedical Engineering");
    doctorText.setText("Doctor:");
    patientText.setText("Patient:");
    nameText.setText("Name:");
    ageText.setText("Age:");
    sexText.setText("Sex:");
}

double x1, x2, x3, x4;

try {
    x1 = Double.parseDouble(x1inputField.getText().replaceAll(",", "."));
    x2 = Double.parseDouble(x2inputField.getText().replaceAll(",", "."));
    x3 = Double.parseDouble(x3inputField.getText().replaceAll(",", "."));
    x4 = Double.parseDouble(x4inputField.getText().replaceAll(",", "."));
} catch (Exception e) {
    if (lang.equals("UKR")) {
        errorText.setText("Помилка:\nПараметри задано невірно");
    }
    if (lang.equals("EN")) {
        errorText.setText("Error:\nParameters are incorrect");
    }
}
```

```

    return;
}

```

```

DecimalFormatSymbols symbolsEN_US =
DecimalFormatSymbols.getInstance(Locale.US);
DecimalFormat decimalFormat = new DecimalFormat("#,###.#####",
symbolsEN_US);

```

//H - низьке, HC - нижче середнього, C - середнє, BC - вище середнього, B - високе

```

double x1H, x1HC, x1C, x1BC, x1B;
double x2H, x2HC, x2C, x2BC, x2B;
double x3H, x3HC, x3C, x3BC, x3B;
double x4H, x4HC, x4C, x4BC, x4B;

x1H = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x1H));
x1HC = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x1HC));
x1C = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x1C));
x1BC = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x1BC));
x1B = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x1B));
} else {
    if (lang.equals("UKR")) {
        errorText.setText("Помилка:\nНе виконана умова \"X1 ∈ [6.9; 7.45]\");
    }
    if (lang.equals("EN")) {
        errorText.setText("Error:\nCondition not met \"X1 ∈ [6.9; 7.45]\");
    }
    return;
}

```



```

x2H = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x2H));
    x2HC = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x2HC));
    x2C = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x2C));
    x2BC = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x2BC));
    x2B = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x2B));
} else {
    if (lang.equals("UKR")) {
        errorText.setText("Помилка:\nНе виконана умова \"X2 ∈ [10; 60]\");
    }
    if (lang.equals("EN")) {
        errorText.setText("Error:\nCondition not met \"X2 ∈ [10; 60]\");
    }
    return;
}
x3H = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x3H));
    x3HC = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x3HC));
    x3C = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x3C));
    x3BC = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x3BC));
    x3B = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x3B));
} else {
    if (lang.equals("UKR")) {
        errorText.setText("Помилка:\nНе виконана умова \"X3 ∈ [2; 40]\");
    }
    if (lang.equals("EN")) {
        errorText.setText("Error:\nCondition not met \"X3 ∈ [2; 40]\");
    }
    return;
}
x4H = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x4H));

```

```

x4HC = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x4HC));
x4C = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x4C));
x4BC = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x4BC));
x4B = Double.parseDouble(decimalFormat.format(x4B));
} else {
    if (lang.equals("UKR")) {
        errorText.setText("Помилка:\nНе виконана умова \"X4 ∈ [70; 150]\");
    }
    if (lang.equals("EN")) {
        errorText.setText("Error:\nCondition not met \"X4 ∈ [70; 150]\");
    }
    return;
}
double[] minArr = new double[4];

    minArr[0] = Arrays.stream(new double[]{x1BC, x2BC, x3BC,
x4H}).min().getAsDouble();
    minArr[1] = Arrays.stream(new double[]{x1BC, x2BC, x3BC,
x4HC}).min().getAsDouble();
    minArr[2] = Arrays.stream(new double[]{x1BC, x2BC, x3BC,
x4C}).min().getAsDouble();
    minArr[3] = Arrays.stream(new double[]{x1B, x2BC, x3BC,
x4HC}).min().getAsDouble();

    double d1A = Arrays.stream(minArr).max().getAsDouble();
minArr[0] = Arrays.stream(new double[]{x1C, x2HC, x3HC,
x4HC}).min().getAsDouble();
    minArr[1] = Arrays.stream(new double[]{x1C, x2HC, x3HC,
x4C}).min().getAsDouble();

```

```

    minArr[2] = Arrays.stream(new double[]{x1BC, x2HC, x3HC,
x4HC}).min().getAsDouble();

```

```

    minArr[3] = Arrays.stream(new double[]{x1BC, x2HC, x3HC,
x4C}).min().getAsDouble();

```

```

    double d2A = Arrays.stream(minArr).max().getAsDouble();

```

```

    minArr[0] = Arrays.stream(new double[]{x1C, x2H, x3HC,
x4HC}).min().getAsDouble();

```

```

    minArr[1] = Arrays.stream(new double[]{x1C, x2H, x3HC,
x4C}).min().getAsDouble();

```

```

    minArr[2] = Arrays.stream(new double[]{x1C, x2HC, x3HC,
x4HC}).min().getAsDouble();

```

```

    minArr[3] = Arrays.stream(new double[]{x1C, x2HC, x3HC,
x4C}).min().getAsDouble();

```

```

    double d3A = Arrays.stream(minArr).max().getAsDouble();

```

```

    double[] minArr1 = new double[3];

```

```

    minArr1[0] = Arrays.stream(new double[]{x1H, x2H, x3H,
x4C}).min().getAsDouble();

```

```

    minArr1[1] = Arrays.stream(new double[]{x1HC, x2H, x3H,
x4C}).min().getAsDouble();

```

```

    minArr1[2] = Arrays.stream(new double[]{x1HC, x2HC, x3H,
x4BC}).min().getAsDouble();

```

```

    double d4A = Arrays.stream(minArr1).max().getAsDouble();

```

```

    errorText.setText("" +
        "d1A = " + d1A +
        ", d2A = " + d2A +

```

```

        "\nd3A = " + d3A +
        ", d4A = " + d4A);
    double    maxResult    =    Arrays.stream(new    double[]{d1A,    d2A,    d3A,
d4A}).max().getAsDouble();
    String resultTxt = "";
    if (d1A == maxResult) {
        resultTxt = resultTxt.concat("Ketosis\n");
    }
    if (d2A == maxResult) {
        resultTxt = resultTxt.concat("Diabetic Ketoacidosis I\n");
    }
    if (d3A == maxResult) {
        resultTxt = resultTxt.concat("Diabetic Ketoacidosis II\n");
    }
    if (d4A == maxResult) {
        resultTxt = resultTxt.concat("Diabetic Ketoacidosis III\n");
    }
    diagnosisText.setText(resultTxt);

    if (checkSaveResults.isSelected()) {
        DateTimeFormatter folderPattern = DateTimeFormatter.ofPattern("dd-MM-
yyyy_HH.mm.ss");
        DateTimeFormatter filePattern = DateTimeFormatter.ofPattern("dd-MM-
yyyy HH:mm:ss");
        LocalDateTime now = LocalDateTime.now();
        File directory = new File("Results");
        if (! directory.exists()){
            directory.mkdir();
        }
    }

```

```

try (Writer writer = new BufferedWriter(new OutputStreamWriter(
    new FileOutputStream("Results/result_" + folderPattern.format(now) +
".txt"), StandardCharsets.UTF_8))) {
    if (lang.equals("UKR")) {
        writer.write("Ім'я лікаря: " + doctorName.getText() +
            "\nІм'я пацієнта: " + patientName.getText() +
            "\nВік пацієнта: " + patientAge.getText() +
            "\nСтать пацієнта: " + patientSex.getText() +
            "\nДіагноз: " + diagnosisText.getText() +
            "\nДата отримання результату: " + filePattern.format(now));
    }
    if (lang.equals("EN")) {
        writer.write("Doctor's name: " + doctorName.getText() +
            "\nPatient's name: " + patientName.getText() +
            "\nPatient's age: " + patientAge.getText() +
            "\nPatient's sex: " + patientSex.getText() +
            "\nDiagnosis: " + diagnosisText.getText() +
            "\nDate of result: " + filePattern.format(now));
    }
} catch (Exception e) {
    e.printStackTrace();
}
});
}
}

```

ПРОТОКОЛ  
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Інформаційна медична експертна система оцінювання важкості діабетичного кетоацидозу на основі показників газів крові

Тип роботи: БДР

Підрозділ: кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

**Показники звіту подібності Unicheck**

**Оригінальність 76,2 %**

**Схожість 23,8 %**

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Штофель Д. Х.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи \_\_\_\_\_ Шевчук К. С.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Павлов С. В.