

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Факультет комп'ютерних наук
Кафедра теоретичної та прикладної системотехніки

«Затверджую»
Зав. кафедри теоретичної та
прикладної системотехніки
д.т.н., проф. С. І. Шматков
«___» _____ 2021 р

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: «Модель комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів
на основі нечіткої логіки»

Захищено на засіданні
Атестаційної комісії № 39
протокол № __ від __. __. 2021 р.
Оцінка ____ / ____
Голова Атестаційної комісії
д.т.н., професор

МІНУХІН
Сергій Володимирович

Виконала:
студентка 6 курсу, групи КУ– 61
Галузь знань: 15 – Автоматизація та
приладобудування
за спеціальністю 151 – Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
НСВЄЖИНА Вероніка Юріївна _____
Керівник:
к.т.н., доцент кафедри
теоретичної та прикладної
системотехніки
СТРІЛЕЦЬ Вікторія Євгенівна _____
Рецензент:
к.т.н., доцент кафедри безпеки
інформаційних систем і технологій
КОЛОВАНОВА Євгенія
Павлівна _____

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається із вступу, трьох розділів, висновку, списку використаних джерел і 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 67 сторінок із яких 56 сторінок основної частини, 2 таблиць, 42 рисунків, 29 найменувань списку використаних джерел на 4 сторінках і 3 додатків на 7 сторінках. Метою даної роботи є підвищення ефективності процесу встановлення превентивного діагнозу.

Мета дослідження: підвищення ефективності процесу встановлення превентивного діагнозу.

Об'єкт дослідження: процес прийняття рішень в умовах неповної інформації.

Предмет дослідження: моделі і методи прийняття рішень при встановленні первинного долікарського рішення.

Для досягнення мети розглянуті наявні системи підтримки прийняття лікарських рішень. Також була створена комп'ютерна модель системи підтримки прийняття медичних рішень на основі нечіткої логіки для визначення попереднього діагнозу.

Система була протестована різними наборами значень лінгвістичних змінних та достойно пройшла перевірку.

Створена система може бути використана у практичній діяльності лікарів загальної практики при визначенні типу респіраторного захворювання пацієнта.

Ключові слова: система підтримки прийняття долікарських рішень, первинне діагностування, нечітка логіка, нечіткий вивід.

ABSTRACT

Thesis consists of an introduction, 3 sections, a conclusion, a list of sources used and 3 appendices. The total volume of work is 67 pages, of which 56 pages of the main part, 2 tables, 42 figures, 29 names of the list of the used sources on 4 pages and 3 appendices on 7 pages.

The purpose of the study: to increase the efficiency of the process of establishing a preventive diagnosis.

Object of research: the decision-making process in terms of incomplete information.

Subject of research: models and methods of decision-making when establishing a primary pre-medical decision.

The purpose of this work is to increase the efficiency of the process of preventive diagnosis.

To achieve this goal, the existing support systems for medical decision-making are considered. A computer model of the medical decision support system based on fuzzy logic for determining the preliminary diagnosis was also created.

The system has been tested with different sets of linguistic variables values and passed the test.

The created system can be used in the practice of general practitioners in determining the type of respiratory disease of the patient.

Key words: pre-medical decision support system, diagnosis, fuzzy conclusion.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1. Аналіз систем підтримки прийняття медичних рішень.....	8
1.1 Аналіз загальної структури систем підтримки медичних рішень	8
1.2 Класифікація систем підтримки прийняття медичних рішень	11
1.3 Аналіз наявних систем підтримки прийняття лікарських рішень	12
Висновки за розділом 1	22
Розділ 2. Нечітка модель системи підтримки прийняття лікарських рішень ..	23
2.1 Основи нечіткої логіки.....	23
2.1.1 Алгоритми нечіткого виводу	25
2.1.2 Класифікація функцій приналежності	27
2.1.3 Приклад використання нечіткої логіки	29
2.1.4 Переваги і недоліки нечіткої логіки	32
2.2 Засоби створення систем нечіткого виводу	33
2.3 Комп'ютерна модель системи підтримки прийняття долікарських рішень із застосуванням нечіткої логіки.....	35
2.3.1 Структурна організація моделі комп'ютерної системи підтримки прийняття долікарських рішень	35
2.3.2 Розробка системи нечіткого виводу для визначення респіраторного захворювання	37
Висновки за розділом 2.....	46
Розділ 3. Тестування моделі комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів	47
3.1 Тестування моделі комп'ютерної системи при різних вхідних даних	47
3.2 Тестування моделі комп'ютерної системи при гаусовій функції приналежності	50
Висновки за розділом 3.....	52
Висновки.....	53

Список використаних джерел	55
Додатки	59
Додаток А	59
Додаток Б	61
Додаток В	64

ВСТУП

Людський та машинний підходи при аналізі та синтезі прийняття рішень у медичній діагностиці мають принципові відмінності. Первинний огляд пацієнта при гострих станах, загостреннях хронічних захворювань, профілактичне та планове обстеження з подальшою диференціальною діагностикою за результатами призначених досліджень – процес призначення та аналізу різної інформації, що збирається лікарем відповідно до клінічних протоколів, але й схильний до значного впливу компетенції та особистого досвіду. Деяку роль у роботі досвідченого, кваліфікованого лікаря грають також й інтуїтивні акценти, що виставляються їм. [10]

Обсяг і типи аналізованої інформації будь-якою сучасною комп'ютерною системою, заснованої на формалізованій експертній базі знань і/або створюваній на базі методів машинного навчання, нічого поки що спільного не мають з інтелектом «природним» і є обмеженими. На відміну від лікаря система здатна оцінити тільки ту інформацію, яка спочатку передбачається значущою для оцінки конкретного випадку і лише за закладеними у неї алгоритмами або, виходячи з попереднього, ретроспективного досвіду, отриманого під час машинного навчання. [10]

Прийняття рішень у медичній галузі є одним з найважливіших та принципових етапів для визначення діагнозів та вироблення стратегії лікування. Застосування нових інформаційних технологій допомагає лікарям та знижує ймовірність лікарських помилок. Саме тому на сьогодні день створення систем підтримки прийняття медичних рішень для превентивного аналізу та моніторингу процесу лікування і розвитку захворювання є **актуальним**. [10]

Мета дослідження: підвищення ефективності процесу встановлення превентивного діагнозу.

Об'єкт дослідження: процес прийняття рішень в умовах неповної інформації.

Предмет дослідження: моделі і методи прийняття рішень при встановленні первинного долікарського рішення.

Для досягнення сформульованої мети були виділені такі **задачі дослідження:**

- провести аналітичний огляд наявних систем прийняття медичних рішень;
- порівняти наявні системи прийняття медичних рішень;
- ознайомитись з системами нечіткого виводу;
- створити комп'ютерну модель системи діагностування стану пацієнтів та прийняття долікарських рішень;
- розробити модель діагностування стану пацієнтів та прийняття долікарських рішень на основі нечіткої логіки;
- виконати тестування моделі діагностування стану пацієнтів та прийняття долікарських рішень на основі нечіткої логіки.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ МЕДИЧНИХ РІШЕНЬ

1.1 Аналіз загальної структури систем підтримки медичних рішень

Управління процесом надання медичної допомоги будується з урахуванням триконтурної схеми управління процесом надання медичної допомоги, представленої на рис. 1.1. Згідно з ієрархією системи охорони здоров'я дана схема управління містить в собі три рівні управління процесом надання медичної допомоги: макрорівень (управління на верхньому рівні), мезорівень (рівень лікувально-профілактичних установ), та мікрорівень (рівень окремого пацієнта). Схема управління дозволяє показати місце процесу надання медичної допомоги у системі охорони здоров'я, і навіть взаємозв'язку процесу зі структурами системи охорони здоров'я та його зв'язку [11].

Як управління процесом надання медичної допомоги в цілому, так і управління станом здоров'я пацієнтів є складними циклічними процесами, для реалізації яких необхідне створення відповідної системи інформаційного забезпечення, яка включала б систему знань про людину. [11]

При цьому найбільш ефективно використання різноманітних знань можливе за допомогою моделювання всієї системи знань про людину в режимі реального часу з урахуванням часових характеристик. [11]

Комп'ютерна реалізація процесу адаптації наявних знань у медичних системах до практичного використання ґрунтується на формалізації цих знань, тобто переведення їх з різних існуючих форм у форми, придатні для побудови технологій процесу надання медичної допомоги. [11]

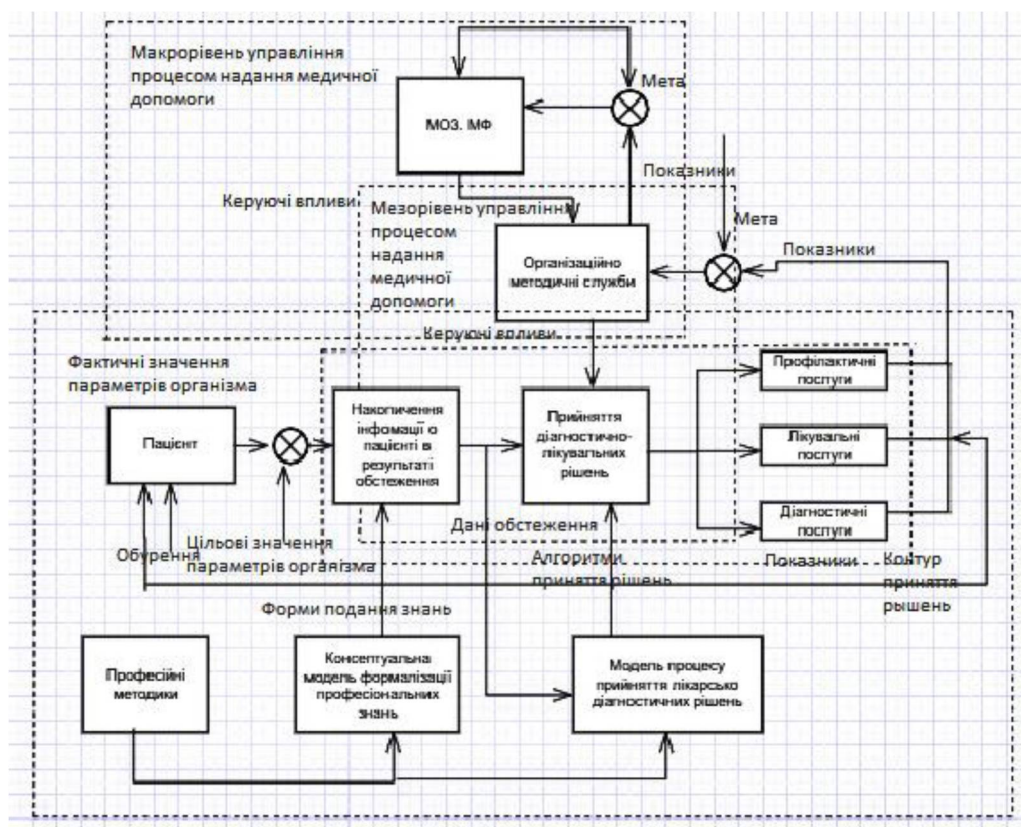


Рис. 1.1 – Схема управління процесом надання медичної допомоги

Схема управління процесом надання медичної допомоги: $Z = \{Z_1, Z_2, Z_3\}$, де Z_1 — підвищення рівня громадського здоров'я; Z_2 — досягнення збалансованості ресурсів, що виділяються суспільством на охорону здоров'я; Z_3 — забезпечення високої якості МД населенню; $Y = \{Y_1, Y_2, Y_3\}$, де Y_1 — показники, що характеризують стан громадського здоров'я; Y_2 — показники, що характеризують витрати; Y_3 — показники, що характеризують обсяг та структуру наданої МД; $U = \{U_1, U_2, U_3\}$, де U_1 — зміна матеріально-технічної бази та кадрів системи; U_2 — зміна інформаційно-методичного забезпечення системи; U_3 — організаційні та структурні зміни; Y_4 — реалізація програми державних гарантій (планові показники); U_4 — показники, що характеризують обсяг та структуру наданої МД на рівні окремого лікаря; f_1 — зміна інформаційно-методичного забезпечення роботи окремого лікаря; f_2 — обурення зовнішніх факторів (зміни захворюваності населення під впливом різних причин, зміни порядку фінансування ЛПЗ тощо); f_3 — обурення

зовнішніх та внутрішніх факторів (стан зовнішнього середовища, фактори способу життя тощо); МОЗ – Міністерство охорони здоров'я; МФ – Міністерство фінансів [11].

На основі системи запропонованих моделей процесу надання медичної допомоги є алгоритм управління процесом надання медичної допомоги, зокрема, процесом постановки діагнозу та визначення призначення лікувально-профілактичних заходів на підставі значень та сукупностей значень параметрів, що визначаються під час обстеження пацієнта, а також інформаційна система підтримки прийняття лікувально-діагностичних рішень. Структурна модель інформаційної системи наведено на рис. 1.2. [11]



Рис. 1.2 – Структурна модель інформаційної системи підтримки прийняття лікарсько-діагностичних рішень

Якщо під час роботи, клінічних випробувань виникає потреба у корекції чи доповненні даних та знань методики, це можна зробити з допомогою спеціального режиму, що забезпечує роботу з базою знань методик. [11]

Принципова схема роботи підсистеми призначень, а також послідовність наповнення бази даних методик інформаційної системи змістом, необхідним для роботи системи наведена на рис. 1.2. [11]

Медичну ефективність розробленої системи визначають такі аспекти:

- з використанням системи зменшується кількість помилкових діагнозів та призначень, що забезпечує збільшення середньої тривалості життя пацієнтів;
- система дозволяє набагато швидше встановити точний діагноз, зменшуючи час перебування хворого в стані діагностичної ситуації. [11]

1.2 Класифікація систем підтримки прийняття медичних рішень

Актуальним визначенням системи підтримки прийняття лікарських або медичних рішень (СППЛР) слід вважати таке: СППЛР – це програмне забезпечення, що дозволяє шляхом збору та аналізу інформації впливати на прийняття лікарем рішення при обстеженні пацієнта, діагностиці, призначенні лікування з метою зниження помилок та підвищення якості медичної допомоги, що надається [12].

Розглянемо існуючу класифікацію СППЛР.

1. Інформаційно-довідкові СППЛР:

- довідково-бібліотечні системи;
- електронні медичні картки;
- автоматизація лікарських призначень;
- автоматичний контроль вимог нормативно-правових актів;
- автоматичний контроль «клінічного мінімуму»;
- автоматична підтримка клінічних посібників;
- автоматичний контроль критеріїв якості медичної допомоги. [12]

2. Інтелектуальні СППЛР (системи, що імітують або моделюють міркування лікаря, і СППЛР):

- системи, що імітують міркування лікаря (обчислювальні системи):
 - моделі, побудовані із застосуванням методів багатовимірної математичної статистики, нейронних мереж (зазвичай слабо інтерпретовані для користувача-лікаря виглядають як «чорна скринька»).
 - моделі, побудовані із застосуванням методів математичної логіки (зазвичай добре інтерпретовані). Приклад: моделі, збудовані з використанням дерев рішень, ДСМ-методу, логіко-статистичного підходу.
- системи, що моделюють міркування лікаря (експертні системи; системи, побудовані на знаннях). Розробляються моделі знань, витягнутих із різних джерел (головним чином, текстів та експертів).

3. Гібридні системи – системи, які поєднують інформаційно-довідкові та інтелектуальні компоненти. [12]

1.3 Аналіз наявних систем підтримки прийняття лікарських рішень

Протягом довгих років будь-яка система підтримки лікарських рішень була великим друкованим медичним довідником. На сьогодні такі системи стають більш досконалішими, швидкими та мобільними: вони можуть «жити» в електронних картах пацієнтів та в особистих кабінетах лікарів, нагадувати про призначення та додаткові обстеження, аналізувати рентгенівські знімки. Розглянемо наявні системи підтримки прийняття лікарських рішень.

1. MeDiCase (Російська Федерація) – система долікарської діагностики гострих і хронічних захворювань, що допомагає проводити первинне обстеження пацієнта, прийняти рішення про необхідність його очного обстеження, виклику швидкої допомоги, моніторингу перебігу хронічних хвороб. Ця система має досить великий функціонал, який містить в собі:

- профілактичний огляд – система проводить профілактичний огляд пацієнта згідно з порядками МОЗ РФ;

– екстрене звернення – пацієнт може звернутися зі скаргою і MeDiCase проведе опитування відштовхуючись від скарг пацієнта, й з огляду на найширший спектр можливих гострих патологій;

– моніторинг хронічних захворювань – штучний інтелект допомагає контролювати хронічні захворювання, визначає індивідуальні граничні значення показників здоров'я, оцінює дотримання терапії та адекватність дозувань препаратів.[13]

Інтерфейс сайту MeDiCase показаний на рис.1.3.



Рис.1.3 – Інтерфейс сайту MeDiCase

2. RAMPmedical (Німеччина) (рис. 1.4) – система стежить за діями лікаря, приписами та рекомендованими процедурами і повідомляє користувача за допомогою попередження, що спливає. Попередження, нагадування або повідомлення з'являються, якщо лікар прописує ліки, які не можна приймати разом, якщо у пацієнта є алергія на деякі компоненти, або якщо ліки не рекомендуються під час вагітності. Програмне забезпечення, яке охоплює ендокринологічне та кардіологічне лікування, зіставляє дані пацієнта з доказами і рекомендаціями щодо лікування, залишаючи остаточне рішення

за повністю поінформованим лікарем, наділеним повноваженнями штучного інтелекту. [14]

Інтерфейс сайту RAMPmedical показаний на рис.1.4.

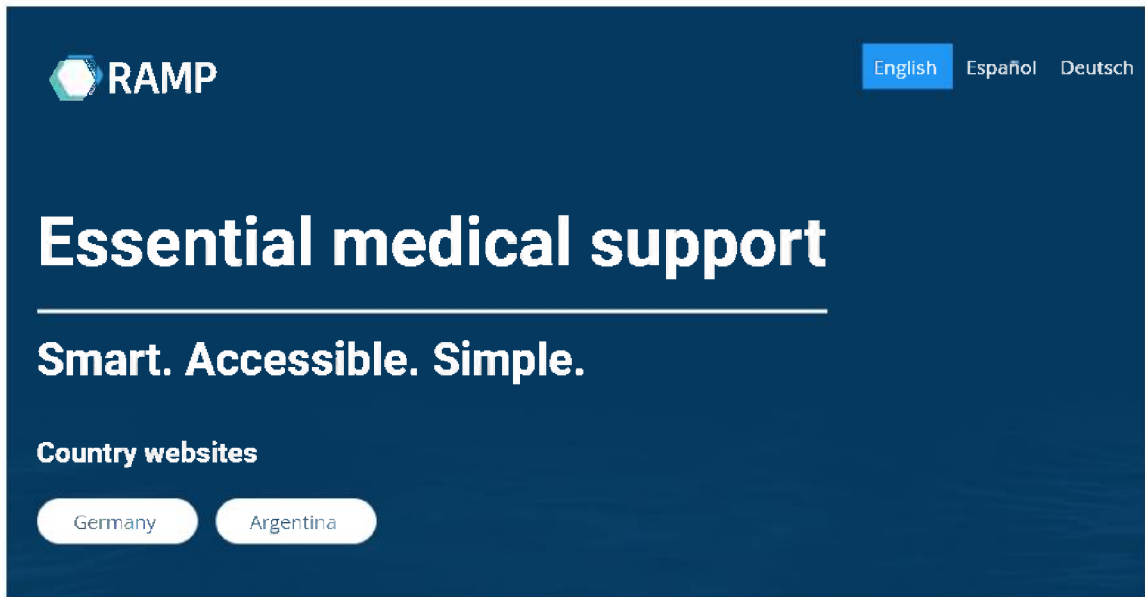


Рис.1.4 – Інтерфейс сайту RAMPmedical

3. Тара Healthcare (Ірландія) – створює рішення для лікарень і суспільної охорони здоров'я, включаючи автоматичні оповіщення та функції підтримки прийняття клінічних рішень. Має систему даних швидкої електронної оцінки (READS) – це інструмент клінічної оцінки біля ліжка хворого, який забезпечує проактивну безпеку пацієнтів, виконуючи швидкі і прості у використанні мобільні оцінки, прогнозуючи погіршення стану пацієнта за допомогою перевірених клінічних алгоритмів і генеруючи рекомендовані дії, призначені для поліпшення результатів лікування пацієнтів. [15]

Інтерфейс сайту Тара Healthcare зображений на рис.1.5.

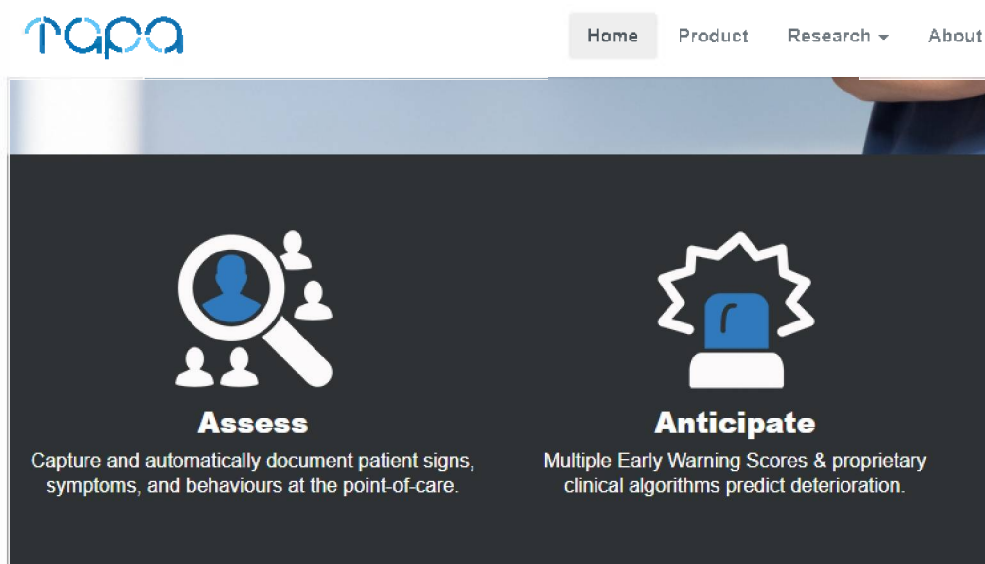


Рис.1.5 – Інтерфейс сайту Tara Healthcare

4. ЕКФ (Російська Федерація) (рис. 1.6) – електронний клінічний фармаколог, який допомагає лікарю при призначенні фармакотерапії, сприяє зменшенню лікарських помилок та ускладнень у клінічній практиці. Ця система надає багато послуг, а саме:

- міжлікарські взаємодії – виявлення міжлікових взаємодій з урахуванням способів введення лікарських засобів, видів лікарських форм та персональних особливостей пацієнта;
- фармацевтичні взаємодії – виявлення міжлікових взаємодій поза організмом пацієнта на етапі розведення препарату або приготування суміші для введення («всередині шприца» та парентеральної суміші);
- фармакокінетичні взаємодії:
 - на етапі всмоктування;
 - на етапі метаболізму та транспорту препарату, у тому числі з урахуванням впливу на систему ферментів;
 - з урахуванням періоду напіввиведення призначених лікарських засобів;
 - на етапі екскреції ЛЗ.

– фармакодинамічні взаємодії – виявлення міжлікарських взаємодій лише на рівні активного компонента, лише на рівні хімічних груп, лише на рівні фармакологічних груп, до точок «мішеней» (нейро-гуморальних механізмів регуляції, рецепторів, ферментів).

– односпрямована дія – виявлення лікарських засобів зі схожим фармакологічним ефектом, або які стосуються однієї фармакологічної групи (синергізм). [16]

Інтерфейс сайту ЕКФ зображений на рис.1.6.

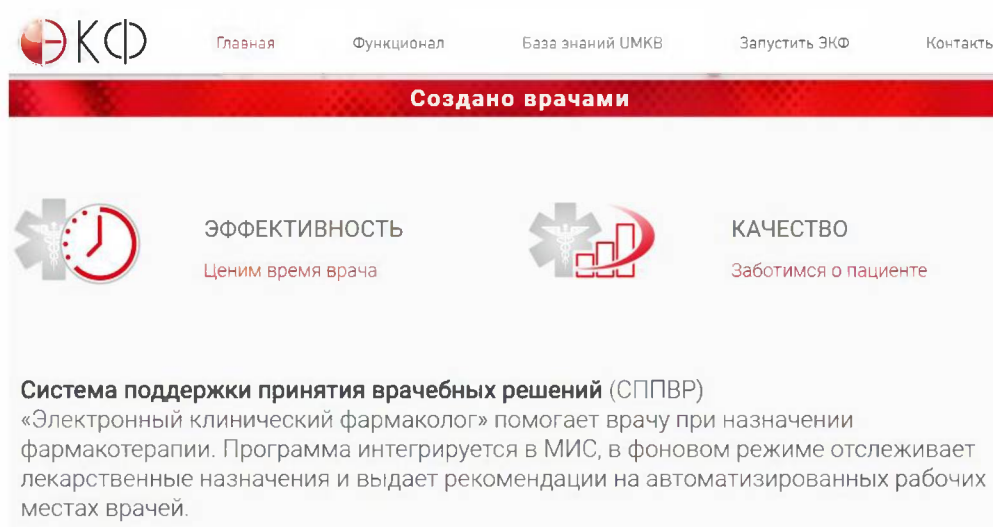


Рис.1.6 – Інтерфейс сайту ЕКФ

5. Droice Labs (Сполучені Штати Америки) – цифровий помічник, що вбудовується у медичні інформаційні системи і допомагає лікарям приймати більш правильні рішення. Droice розробила технологію, яка може зберігати медичну інформацію про пацієнта під час обробки даних із джерела і, отже, може визначати ключові клінічні рішення. Droice Hawk оптимізує для отримання справжніх клінічних результатів: Hawk – це вертикально інтегрований, заснований на ІІ механізм розуміння хвороб, який працює з будь-якими даними про пацієнтів, включаючи вільний текст, неструктурований контент, щоб зіставляти пацієнтів із втручаннями. [17]

Інтерфейс сайту Droice Labs зображений на рис.1.7.

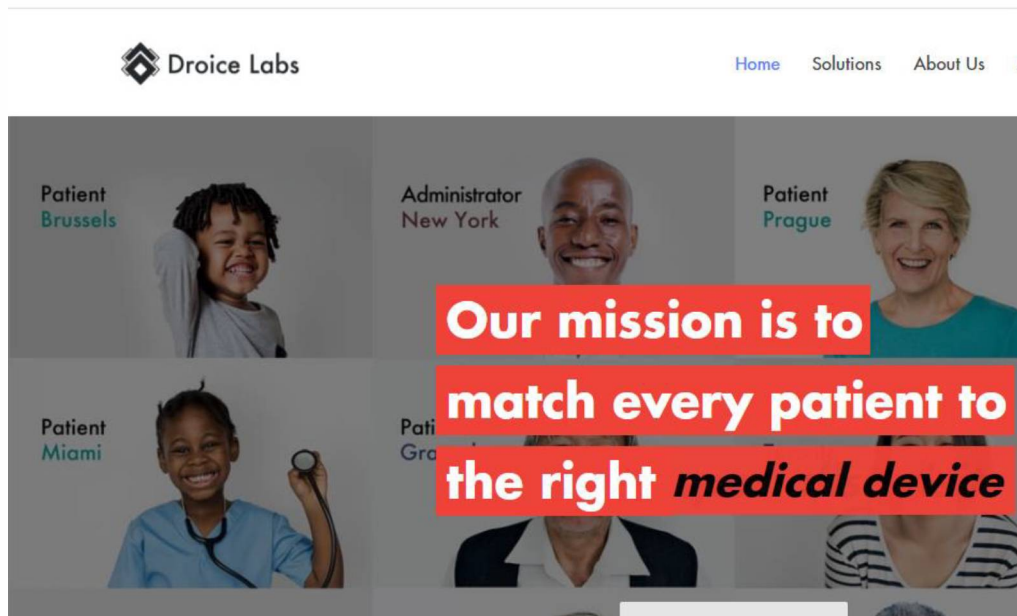


Рис.1.7 – Інтерфейс сайту Droice Labs

6. Cerner (Велика Британія) – система постійно збирає інформацію з різних джерел у організації охорони здоров'я пацієнта та поєднує ці дані з життєво важливими показниками. Коли спостерігаються ознаки сепсису, клінічна бригада отримує попередження та радить негайно відреагувати та розпочати лікування. Також, коли рівень креатиніну в сироватці людини змінюється, алгоритм АКІ попереджає клінічну бригаду про негайну увагу, а також пропонує тести, які можуть бути потрібними при виписці для контролю стану. Функціональне рішення Rapid Response інтегрується з алгоритмами сепсису та АКІ та призначене для роботи з групами допомоги та швидкого реагування. Це дозволяє організації охорони здоров'я впроваджувати процедури для надання негайної допомоги пацієнтам, коли їх життєві показники починають швидко та несподівано погіршуватись. Раннє втручання може допомогти врятувати життя та швидше доставити пацієнтів до лікарні.[18]

Інтерфейс сайту Cerner зображений на рис.1.8.

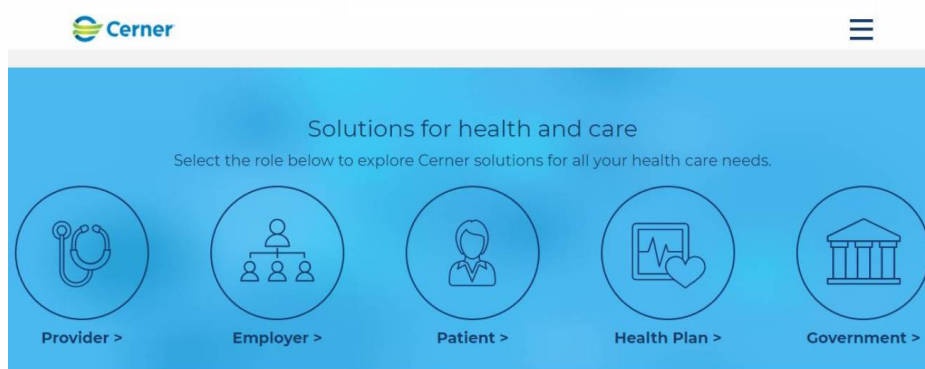


Рис.1.8 – Інтерфейс сайту Droice Labs

7. Infera CDSS (Сполучені Штати Америки) (рис. 1.8) – система зчитує структуровані та неструктуровані дані про пацієнта, потім аналізує унікальні деталі стану пацієнта відповідно до своїх клінічних правил, що ґрунтуються на фактичних даних, надаючи конкретні рекомендації щодо догляду в режимі реального часу.



Рис.1.9 – Інтерфейс сайту Infera CDSS

За допомогою цього механізму клінічних правил можна створити кілька сценаріїв для більш ніж 90 станів або «шляхів лікування», які допоможуть оцінити навички та нададуть рекомендації щодо найбільш актуального лікування пацієнтів, що базується на фактичних даних. Infera допомагає з:

- планом лікування, включаючи ліки;
- стандартом медичної допомоги, якому необхідно дотримуватися для запобігання ускладнень;
- модифікацією способу життя;

- планом наступних дій та моніторингу. [19]

8. Premier (Сполучені Штати Америки) – надає попередження в режимі реального часу та відповідну аналітику, щоб допомогти лікарям приймати рішення щодо покращення результатів лікування пацієнтів, скорочення відходів та безпечного зниження витрат на охорону здоров'я за допомогою нашої підтримки прийняття клінічних рішень. Система містить наступні функції:

- підтримка ухвалення клінічних рішень CDS вбудована в електронні медичні записи та інтегрована у робочі процеси постачальника;
- платформа може надавати лікарям та іншим членам медичної групи щоденні або щотижневі повідомлення за допомогою текстових повідомлень або електронної пошти про пацієнтів, які відповідають певним клінічним критеріям на основі певного алгоритму;
- інтегрує засновані на фактах сповіщення за місцем наданням медичної допомоги. [20]

Інтерфейс сайту Premier зображений на рис.1.10.

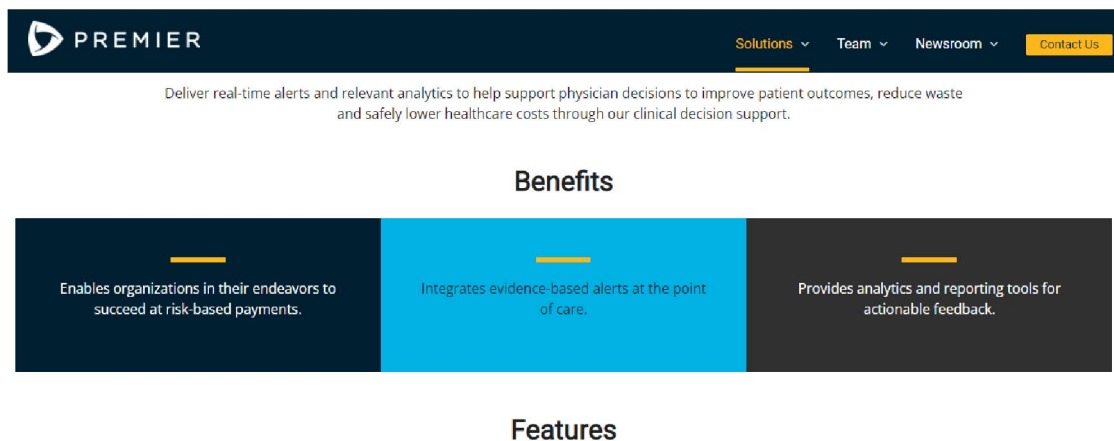


Рис.1.10 – Інтерфейс сайту Premier

9. ZynxOrder (Сполучені Штати Америки) – це провідне рішення для підтримки клінічних рішень, засноване на фактичних даних, для лікарень, що дозволяє знизити клінічні відхилення, покращити результати лікування пацієнтів та максимізувати фінансові показники. Він включає велику

бібліотеку наборів замовлень з втручаннями, які сприяють стандартизації медичної допомоги і покращують ключові результати для пацієнтів. [21]

Інтерфейс сайту ZynxOrder зображений на рис.1.11.

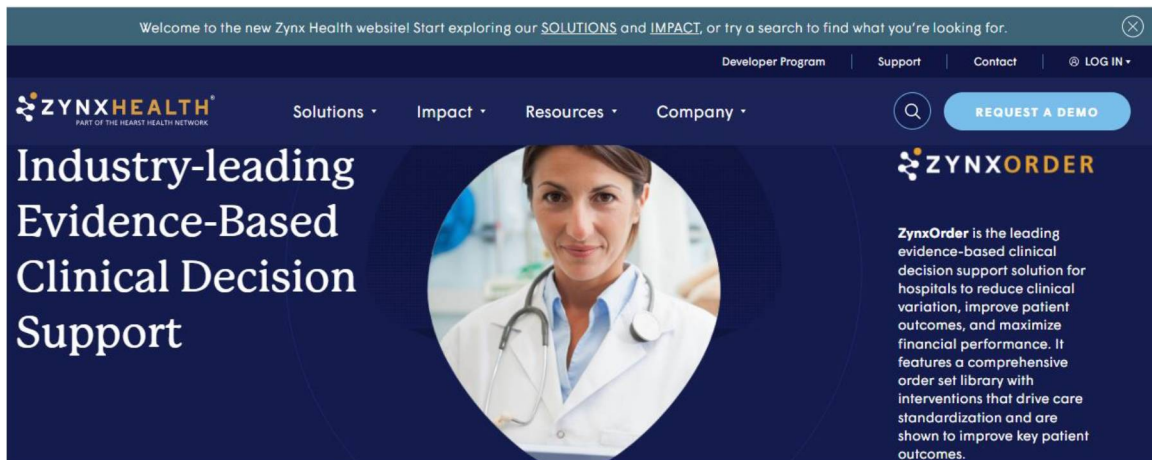


Рис.1.11 – Інтерфейс сайту ZynxOrder

10. NDSC/Change (Сполучені Штати Америки) – система узгоджує моделі догляду за пацієнтами з клінічними стандартами, що ґрунтуються на фактичних даних, щоб зменшити варіативність лікування та покращити порядок надання допомоги. В основі рішень лежить об'єктивний клінічний контент, отриманий від провідних медичних спеціалізованих угруповань, включаючи Американський коледж радіології та клініку Мейо. Рішення для підтримки ухвалення клінічних рішень пропонують безшовну інтеграцію з EHR, що дозволяє лікарям та системам охорони здоров'я оцінювати кількість замовлень лікарів за клінічними критеріями. Надаючи рекомендації щодо виконання замовлень, їх рішення дозволяють приймати більш обґрунтовані рішення щодо замовлення. [22]

Інтерфейс сайту NDSC/Change зображений на рис.1.12.

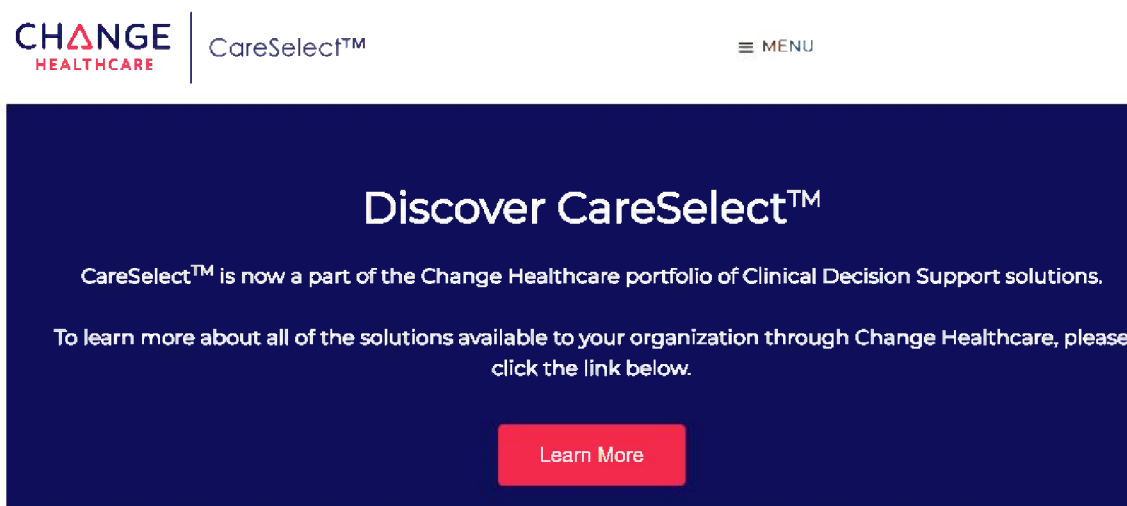


Рис. 1.12 – Інтерфейс сайту NDSC/Change

Кожна з розглянутих систем підтримки прийняття лікарських рішень (СППЛР) має свій функціонал та призначення. Для того, щоб визначити основні функції, які притаманні більшості наявних СППЛР, проведемо їх порівняльний аналіз.

Для аналізу оберемо такі системи:

- MeDiCase;
- ЕКФ;
- Droice Labs;
- Infera CDSS;
- Premier.

Порівняємо ці системи за наявністю в них таких складових (табл. 1.1):

- превентивна діагностика;
- моніторинг розвитку захворювання;
- контроль ліків, які прописані або приймає пацієнт;
- рекомендації для пацієнта чи лікаря;
- контроль стану пацієнта в режимі реального часу.

За результати порівняльного аналізу виявлено, що всі СППЛР мають модуль надання рекомендацій лікарю або пацієнту, а також майже всі мають

функцію долікарської (превентивної) діагностики. Крім того, у трьох з п'яти систем є модуль контролю за станом пацієнта у реальному часі.

Таблиця 1.1

Порівняльна характеристика СППЛР

	Превентивна діагностика	Моніторинг розвитку захворювання	Контроль ліків	Рекомендації для лікаря/ пацієнта	Контроль стану в режимі реального часу
MeDiCase	так	так	ні	так	ні
ЕКФ	ні	ні	так	так	ні
Droice Labs	так	ні	ні	так	так
Infera CDSS	так	так	так	так	так
Premier	так	ні	ні	так	так

І найліпшою системою виявилася розробка Infera CDSS, оскільки вона містить в собі найбільшу кількість функцій.

Висновки за розділом 1

У розділі проаналізовані особливості використання систем прийняття медичних рішень у межах системи управління процесом надання медичних послуг. А також наведена класифікація СППЛР.

Крім того у розділі були розглянуті десять існуючих системи підтримки прийняття лікарських рішень, створених у різних країнах, і проведений їх порівняльний аналіз.

За результатами порівняльного аналізу існуючих СППЛР можна зробити висновок, що для успішного функціонування СППЛР, яка знаходить у розробці, повинна мати функції превентивної діагностики і надання рекомендації лікарю і пацієнту, а також бажаною є можливість реального моніторингу за станом пацієнта.

РОЗДІЛ 2.

НЕЧІТКА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИНЯТТЯ ЛІКАРСЬКИХ РІШЕНЬ

2.1 Основи нечіткої логіки

Найбільш дивовижною властивістю людського інтелекту є здатність приймати правильні рішення за обставин неповної та нечіткої інформації. Побудова моделей наближених міркувань людини та використання в комп'ютерних системах майбутніх поколінь представляє сьогодні одну з найважливіших проблем науки.[23]

Поняття нечіткої логіки вивчалось з 1920-х років, але термін «нечітка логіка» був уперше використаний у 1965 році Лотфі Заде, професором Каліфорнійського університету в Берклі. Він зазначив, що звичайна комп'ютерна логіка не здатна маніпулювати даними, що становлять суб'єктивні чи неясні людські ідеї. [23]

Вивчивши безліч визначень, можна зробити висновок, що *нечітка логіка* – це форма багатозначної логіки, в якій справжні значення змінних можуть бути будь-якими дійсними числами від 0 до 1 включно, а не на звичайній істинній або помилковій (1 або 0) булевій логіці, на якій заснований сучасний комп'ютер. [23]

Спектр додатків нечіткої логіки широкий: від управління процесом руху транспортних засобів до управління доменними печами. Вона була розроблена, щоб дозволити комп'ютеру визначати різницю між даними, які є ні істинними, ні хибними. Щось схоже на процес людського мислення. Наприклад, вирази: трохи темно, трохи яскраво, тощо. Ось деякі важливі характеристики нечіткої логіки:

- гнучка та проста у застосуванні техніка машинного навчання;
- допомагає вам наслідувати логіку людської думки;

- логіка може мати два значення, які представляють два можливі рішення;
- дуже підходящий метод для невизначених чи приблизних міркувань;
- нечітка логіка розглядає висновок як процес поширення пружних обмежень;
- нечітка логіка дозволяє будувати нелінійні функції довільної складності;
- нечітка логіка має будуватися з повним керівництвом експертів. [23]

Архітектура нечіткої логіки складається з чотирьох основних частин, як показано на схемі (рис. 2.1). [23]

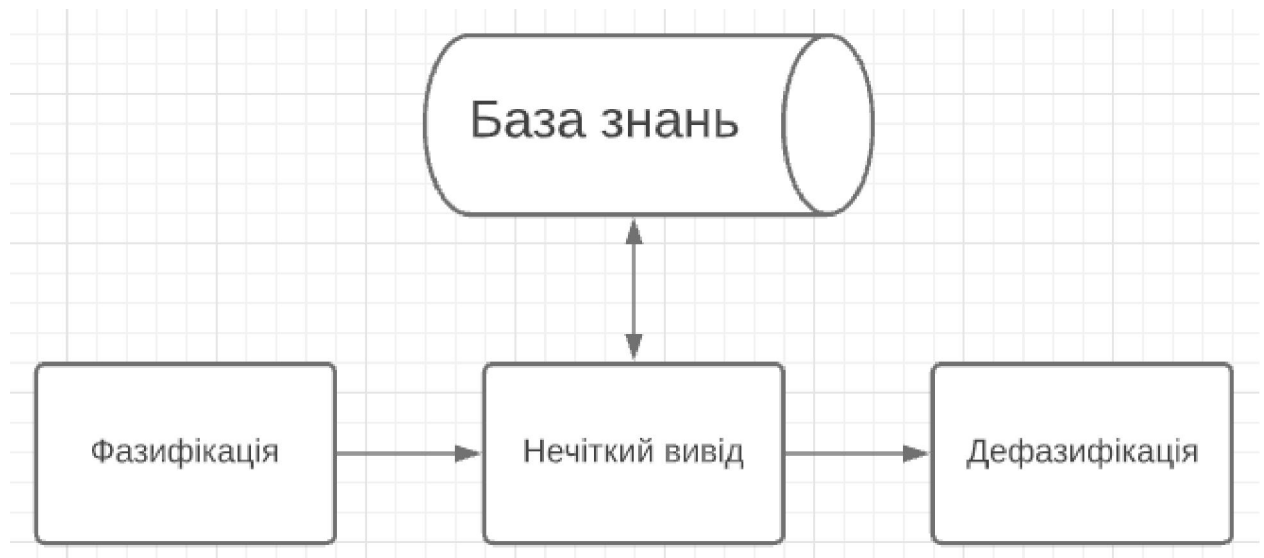


Рис. 2.1 – Схема структури нечіткої логіки[23]

База знань: вона містить усі правила та умови «якщо то», запропоновані експертами для управління системою прийняття рішень. Нещодавнє оновлення нечіткої теорії надає різні методи для проектування та налаштування нечітких контролерів. Ці оновлення значно скорочують кількість нечітких правил. [23]

Фазифікація: крок фазифікації допомагає конвертувати вхідні дані. Це дозволяє конвертувати чіткі числа в нечіткі множини. Чіткі входи вимірюються датчиками і передаються в систему керування для подальшої обробки. Як кімнатна температура, тиск і т.д. [23]

Механізм логічного висновку: це допоможе вам визначити ступінь відповідності між нечітким введенням та правилами. На основі % відповідності він визначає, які правила повинні бути реалізовані відповідно до заданого поля введення. Після цього правила об'єднуються для розробки контрольних дій. [23]

Дефазифікація: нарешті, процес дефазифікації виконується для перетворення нечітких множин у чітке значення. Існує багато типів доступних методів, тому потрібно вибрати той, який найкраще підходить для використання з експертною системою. [23]

2.1.1 Алгоритми нечіткого виводу

Наразі існує декілька алгоритмів нечіткого виводу. Розглянемо ті з них, які отримали найбільше застосування у системах нечіткого висновку.

Алгоритм Мамдані (Mamdani) – є одним із перших, який знайшов застосування в системах нечіткого висновку. Він був запропонований в 1975 р. англійським математиком Е. Мамдані (Ebrahim Mamdani) як метод для керування паровим двигуном. За своєю суттю цей алгоритм породжує розглянуті вище етапи, оскільки найбільше відповідає їх параметрам. Формально алгоритм Мамдані можна визначити так:

- формування основи правил систем нечіткого виводу. Особливості формування. Основи правил збігаються з розглянутими вище в описах цього етапу.
- фазифікація входних змінних. Особливості фазифікації збігаються з розглянутими вище при описі цього етапу.
- агрегування умов у нечітких правилах продукції. Для знаходження ступеня істинності умов кожного із правил нечітких продукцій використовуються парні нечіткі логічні операції. Ті правила, ступінь істинності умов яких відмінна від нуля, вважаються активними та використовуються для подальших розрахунків.
- активізація підукладень у нечітких правилах продукції.

- акумуляція висновків нечітких правил продукції.
- дефазифікація вихідних змінних. Традиційно використовується метод центру тяжкості або метод центру площі.[24]

Алгоритм Сугено (Sugeno) – формально алгоритм Сугено, запропонований Сугено та Такагі, може бути визначений наступним чином:

- формування основи правил систем нечіткого висновку. В основі правил використовуються лише правила нечітких продукцій у формі:

ПРАВИЛО <#>: ЯКЩО " $\beta_1 \in \alpha_1$ " І " $\beta_2 \in \alpha_2$ " ТО " $w = \varepsilon_1 \cdot a_1 + \varepsilon_2 \cdot a_2$ ", де $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – деякі вагові коефіцієнти. При цьому значення вихідної змінної w наприкінці визначається як деяке дійсне число;

- фазифікація вхідних змінних. Особливості фазифікації збігаються з розглянутими вище при описі цього етапу;

- агрегування умов у нечітких правилах продукції. Для знаходження ступеня істинності умов усіх правил нечітких продукцій зазвичай використовується логічна операція *min*-кон'юнкції. Ті правила, ступінь істинності умов яких відмінна від нуля, вважаються активними та використовуються для подальших розрахунків;

- активізація підукладень у нечітких правилах продукції. По-перше, з використанням методу є значення ступенів істинності всіх висновків правил нечітких продукцій. По-друге, здійснюється розрахунок звичайних (ненечітких) значень вихідних змінних кожного правила. Тим самим визначається безліч значень $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ і безліч значень вихідних змінних $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, де n – загальна кількість правил в базі правил;

- акумуляція висновків нечітких правил продукції. Фактично відсутня, оскільки розрахунки здійснюються із звичайними дійсними числами w_j .

- дефазифікація вихідних змінних. Використовується модифікований варіант у формі методу центру тяжіння для однокрапкових множин. [24]

2.1.2. Класифікація функцій приналежності

Функція приналежності – узагальнення індикаторної (або характеристичної) функції класичної множини. У нечіткій логіці вона представляє ступінь належності кожного члена простору міркування до цієї нечіткої множини. Розглянемо види таких функцій.[25]

Кусково-лінійні функції

1. Трапецієподібна функція (рис. 2.2); [26]

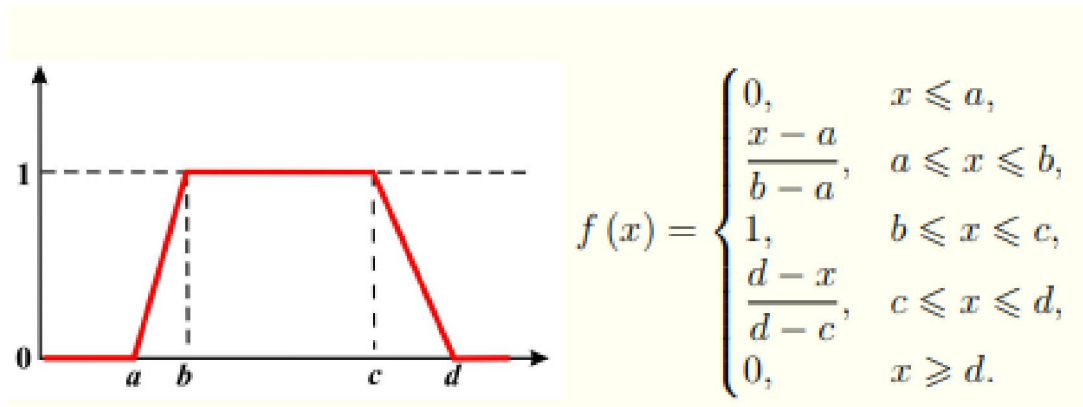


Рис. 2.2 – Трапецієподібна функція

2. Трикутна функція (рис. 2.3); [26]

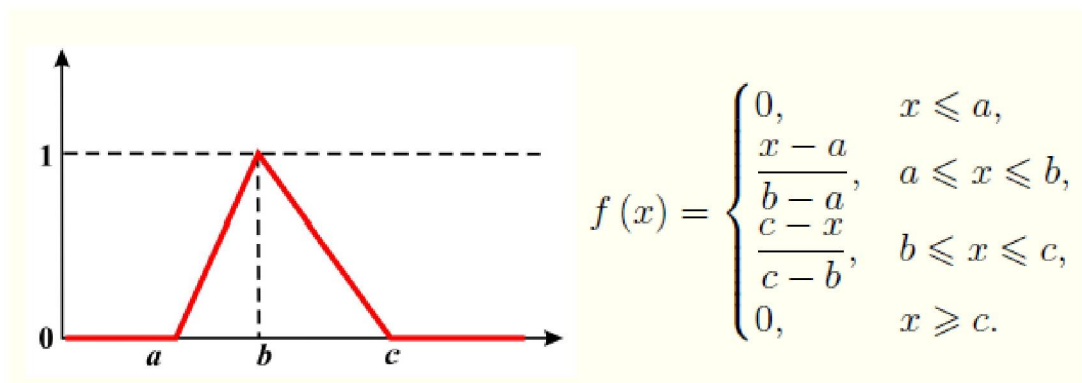


Рис. 2.3 – Трикутна функція

3. S-функція (рис. 2.4); [26]

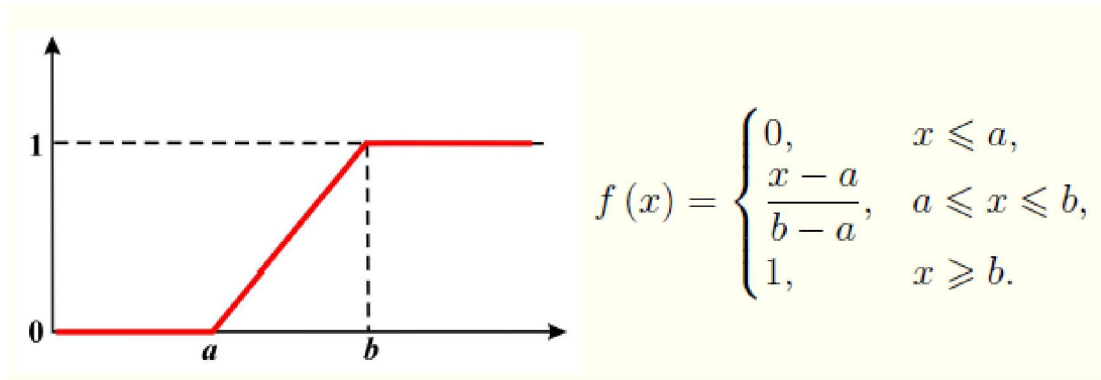


Рис. 2.4 – S-функція

Кусково-квадратичні функції

1. Дзвоноподібна функція (рис. 2.5); [26]

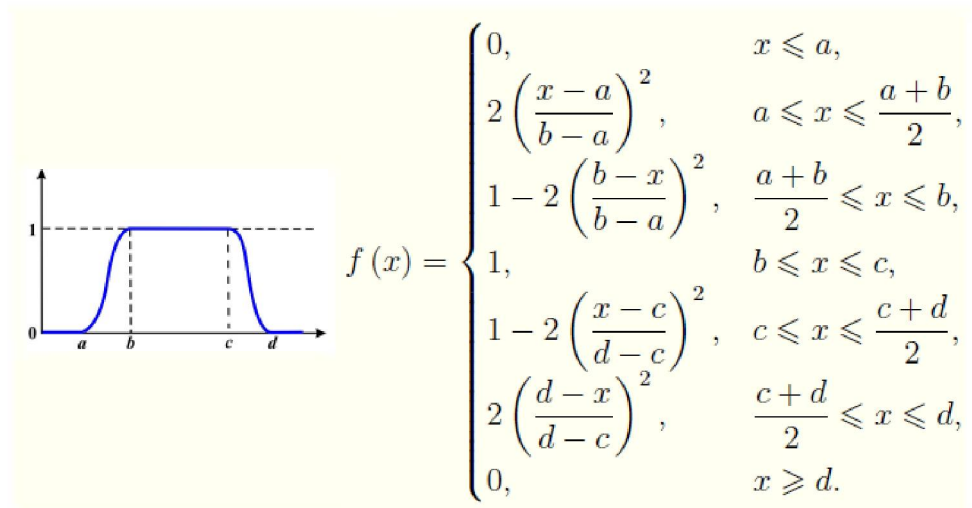


Рис. 2.5 – Дзвоноподібна функція

2. Гладка функція (рис. 2.6); [26]

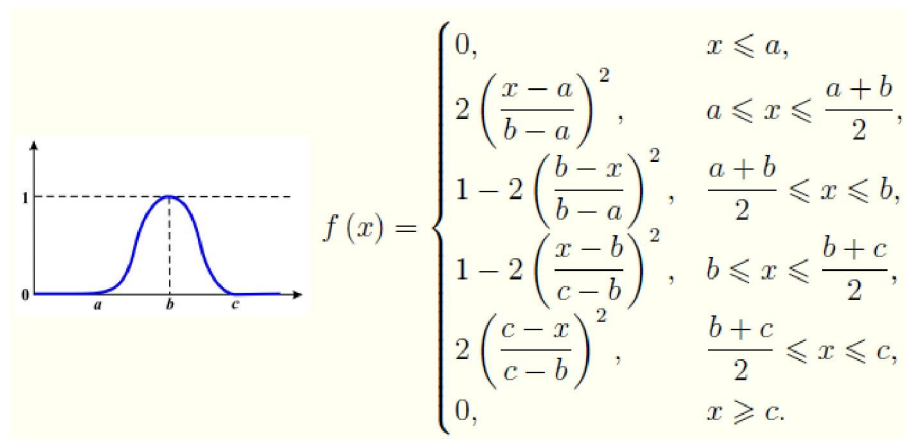


Рис. 2.6 – Гладка функція

2.1.3 Приклад використання нечіткої логіки

Наведемо приклад нечіткої логіки для управління роботою пральної машини, в якій нечітка система контролює процес прання, водозабір, час прання та швидкість віджиму. Вхідними параметрами тут є обсяг одягу, ступінь забруднення та тип бруду. У той час як обсяг одягу визначав би водозабір, ступінь забруднення у свою чергу визначався б прозорістю води, а тип бруду визначався часом, коли колір води залишається незмінним. [27]

Першим кроком є визначення лінгвістичних змінних та термінів. Для вхідних даних лінгвістичні змінні наведені нижче: [27]

- Тип бруду: {Greasy, Medium, Not Greasy} (жирне, середнє, не жирне);
- Якість бруду: {Large, Medium, Small} (висока, середня, незначна).

Для виведення лінгвістичних змінних наведено нижче:

- Час прання: {Short, Very Short, Long, Medium, Very Long} (короткий, дуже короткий, довгий, середній, дуже довгий).

Другий крок включає побудову функцій приналежності. Нижче наведено графіки, що визначають функції приналежності для двох входів (рис. 2.7, 2.8). [27]

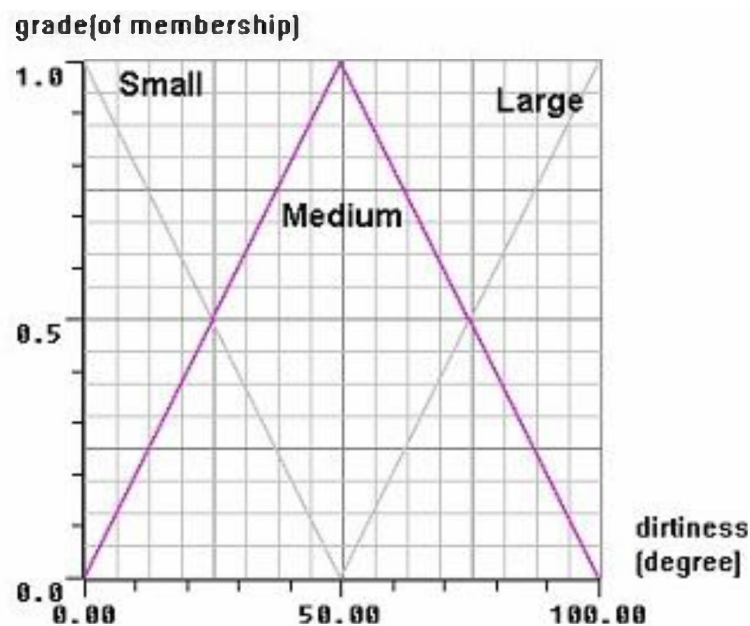


Рис. 2.7 – Функція приналежності для якості бруду

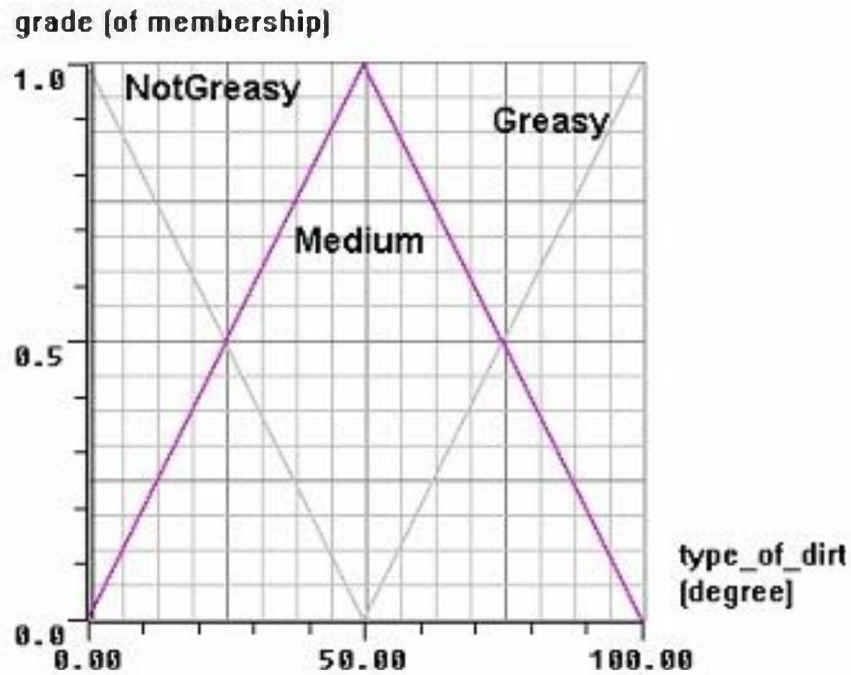


Рис. 2.8 – Функція приналежності для типу бруду

Третій крок включає розробку набору правил бази знань. Нижче наведено набір правил з використанням логіки IF-THEN (якщо тоді):

- 1) IF якість бруду Small I Тип бруду Greasy, THEN Час прання Long;
- 2) IF якість бруду Medium I Тип бруду Greasy, THEN Час прання Long;
- 3) IF якість бруду Large і тип бруду Greasy, THEN Час прання Very Long;
- 4) IF якість бруду Small I Тип бруду Medium, THEN Час прання Medium;
- 5) IF якість бруду Medium I Тип бруду Medium, THEN Час прання Medium;
- 6) IF якість бруду Large і тип бруду Medium, THEN Час прання Medium;
- 7) IF якість бруду Small та тип бруду Non-Greasy, THEN Час прання Very Short;
- 8) IF якість бруду Medium I Тип бруду Non-Greasy, THEN Час прання Medium;
- 9) IF якість бруду Large і тип бруду Greasy, THEN Час прання Very Short. [27]

Фазифікатор, який спочатку перетворив вхідні дані датчиків на ці лінгвістичні змінні, тепер застосовує вищевказані правила для виконання операцій нечіткого набору (наприклад, MIN і MAX) для визначення вихідних нечітких функцій. На основі вихідних нечітких множин розроблено функцію приналежності. Останнім кроком є етап дефазифікації, де дефазифікатор використовує вихідні функції приналежності визначення часу прання. [27]

Нечітка логіка має широкий спектр напрямів використання: автоматизація, інженерія, медицина, освіта тощо. У таблиці 2.1 показано як відомі компанії використовують нечітку логіку у своїх продуктах. [27]

Таблиця 2.1.

Використання нечіткої логіки у відомих компаніях

Товар	Компанія	Нечітка логіка
Антиблокувальна система гальм	Nissan	Використання нечіткої логіки для керування гальмами в небезпечних випадках залежить від швидкості автомобіля, прискорення, швидкості колеса та прискорення
Авто двигун	Honda, Nissan	Використання для вибору розташування залежно від навантаження двигуна, стилю водіння та дорожніх умов.
Копіювальна машина	Canon	Використовується для регулювання напруги барабана в залежності від точності зображення, вологості і температури.
Круїз контроль	Nissan, Mitsubishi	Використовується для налаштування дросельної заслонки, щоб встановити швидкість та прискорення автомобіля
Керування ліфтом	Fujitec, Mitsubishi Electric, Toshiba	Використовується для скорочення часу очікування залежно від пасажиропотоку.
Фітнес керування	Omron	Нечіткі правила, які пристосовані для перевірки працездатності співробітників.

2.1.4 Переваги і недоліки нечіткої логіки

Система нечіткої логіки має великі перспективи розвитку. Щоб оцінити можливості, було виділено деякі переваги системи нечіткої логіки:

- структура нечіткої логіки проста та зрозуміла;
- нечітка логіка широко використовується в комерційних та практичних цілях;
- це допомагає контролювати машини та споживчі товари;
- може не пропонувати точних міркувань, але єдино прийнятних міркувань;
- допомагає впоратися з невизначеністю у техніці;
- в основному надійна, не вимагає точних вхідних даних;
- можна запрограмувати у ситуації, коли датчик зворотного зв'язку перестає працювати;
- можна легко змінити, щоб покращити чи змінити продуктивність системи;
- можна використовувати недорогі датчики, що допоможе вам знизити загальну вартість та складність системи;
- це забезпечує найефективніше розв'язання складних питань.[23]

Будь-яка система не може відзначитися ідеальною роботою та алгоритмом. І нечітка логіка у цьому не виняток. Далі розглянемо недоліки системи:

- нечітка логіка не завжди точна, тому результати сприймаються виходячи із припущення, тому вона не може бути широко прийнята;
- нечіткі системи не мають можливості машинного навчання, а також розпізнавання образів типу нейронної мережі;
- валідація та верифікація нечіткої системи, що базується на знаннях, потребує ретельного тестування з використанням апаратного забезпечення;
- встановлення точних, нечітких правил та функцій членства – складне завдання;

– деяка нечітка логіка часу плутається з теорією ймовірностей та термінами.[23]

2.2 Засоби створення систем нечіткого виводу

Розглянемо наявні програмні засоби для реалізації систем з нечітким виводом.

Модуль Fuzzy Logic Toolbox системи Matlab

Система MATLAB (скорочення від англ. MATrix LABoratory матрична лабораторія) є інтегрованою програмною середою для виконання чисельних розрахунків, комп'ютерного моделювання та обчислювальних експериментів, яка охоплює у тому чи іншому обсязі різні області класичної та сучасної математики, а також найширший спектр інженерних додатків. Архітектурна система MATLAB складається з базової програми та кілька десятків так званих пакетів розширення, які в своїй сукупності забезпечують винятково широкий діапазон розв'язуваних завдань. Інтеграція всіх цих коштів у єдиному робочому середовищі забезпечує необхідну гнучкість використання сотень вбудованих функцій, що реалізують різноманітні математичні процедури та обчислювальні алгоритми. Нечітке моделювання в середовищі MATLAB здійснюється з використанням пакету розширення Fuzzy Logic Toolbox, в якому реалізовано десятки функцій нечіткої логіки та нечіткого висновку. Основні можливості:

- побудова систем нечіткого висновку (експертних апроксиматорів залежностей, різних регуляторів);
- формування адаптивних нечітких систем (гібридних нейронів мереж);
- містить спеціальні засоби нечіткого моделювання. [26]

Система MATLAB дозволяє виконувати весь комплекс досліджень з розроблення та застосування нечітких моделей. Використання системи MATLAB та пов'язаних з нею методик моделювання та процедур виконання

чисельних розрахунків стало стандартом *de facto* для найширшого кола фахівців з різних галузей науки, техніки, економіки та освіти.

Програма fuzzyTECH

Ця програма розроблена та постійно оновлюється компанією INFORM GmbH (Inform Software Corporation, Німеччина), призначена для вирішення різних завдань нечіткого моделювання. На відміну від системи MATLAB, програма fuzzyTECH є спеціалізованим засобом, який дозволяє розробляти та досліджувати різноманітні нечіткі моделі в графічному режимі, а також перетворювати їх на програмний код однією з мов програмування з можливістю подальшої реалізації у програмованих мікроконтролерах. Програма fuzzyTECH має можливість використання її як сервера або клієнта при нечіткому керуванні віддаленими об'єктами. Цікавою особливістю програми fuzzyTECH, яку також слід обов'язково відзначити, є можливість автоматичного створення документації за нечіткими моделями у вигляді тексту з ілюстраціями у форматі RTF. [26]

Пакет CubiCalc

На сьогодні CubiCalc застосовується під час вирішення різних завдань: від адаптивного управління оптовими складами до моделювання ринку ф'ючерсних контрактів. Цей пакет містить засоби для введення та подання даних, формування правил виведення, опису нечітких множин. Деякі версії пакету включають модуль RuleMaker, що дозволяє вирішувати одну з основних проблем у системах з НЛІ: автоматична побудова нечітких правил. Пакет дозволяє контролювати кожен крок обчислень, генерувати мовою Сі тексти, що містять алгоритми роботи нечіткої системи, які можуть бути вбудовані в додатки користувача. [26]

Пакет WINROSA

Результати зберігаються у вигляді файлу ASCII і можуть бути експортовані в пакети Matlab, FuzzyTECH та ін. Пакет FIDE (Fuzzy Interference Development Environment). Розроблений американською фірмою Apronix і є засобом для створення та використання нечітких систем виведення. Ядром цієї

системи є компілятор, який застосовує англомовний синтаксис та позначення для змінних, функцій належності та правил. Як вхід система використовує текстовий формат, що представляє значну гнучкість для користувача. Крім того, розробник може скористатися будь-яким текстовим редактором, включаючи власний редактор системи FIDE, для створення та зміни правил. Система FIDE також забезпечує повним набором засобів візуалізації та налагодження. Користувач має можливість переглянути СНО, що розросбляється, в тривимірному просторі або в будь-якому перерізі цього простору. [26]

2.3 Модель комп'ютерної системи підтримки прийняття долікарських рішень із застосуванням нечіткої логіки

2.3.1 Структурна організація моделі комп'ютерної системи підтримки прийняття долікарських рішень

При створенні інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень при діагностуванні стану пацієнтів необхідно описати взаємодію створюваної системи із зовнішнім середовищем і підпроцеси, які відбуваються в середині самої системи як за участі особи, яка приймає рішення, так і без неї.

Особою, яка приймає рішення, для створюваної системи підтримки прийняття рішень є лікар або пацієнт (рис. 2.9). Загальна структура моделі комп'ютерної системи для діагностування пацієнтів представлена як IDEF0-діаграму на рис. 2.9.

Модель комп'ютерної системи діагностування пацієнтів має такі складові:

- на вхід комп'ютерної системи поступають дані моніторингу (первинне опитування пацієнта);
- за допомогою нечіткої моделі діагностування пацієнтів виконується визначається первинний діагноз пацієнта;

- також є інструкція для користувача, яка полегшує взаємодію з програмою користувачеві;
- на виході користувач отримує результат діагностування.



Рис. 2.9 – IDEF0-діаграма моделі комп'ютерної системи діагностування пацієнтів

Після опису системи в цілому проводиться декомпозиція її на основні фрагменти (підсистеми). Була створена IDEF1-діаграма, яка розкриває взаємодію підсистем між собою (рис. 2.10).

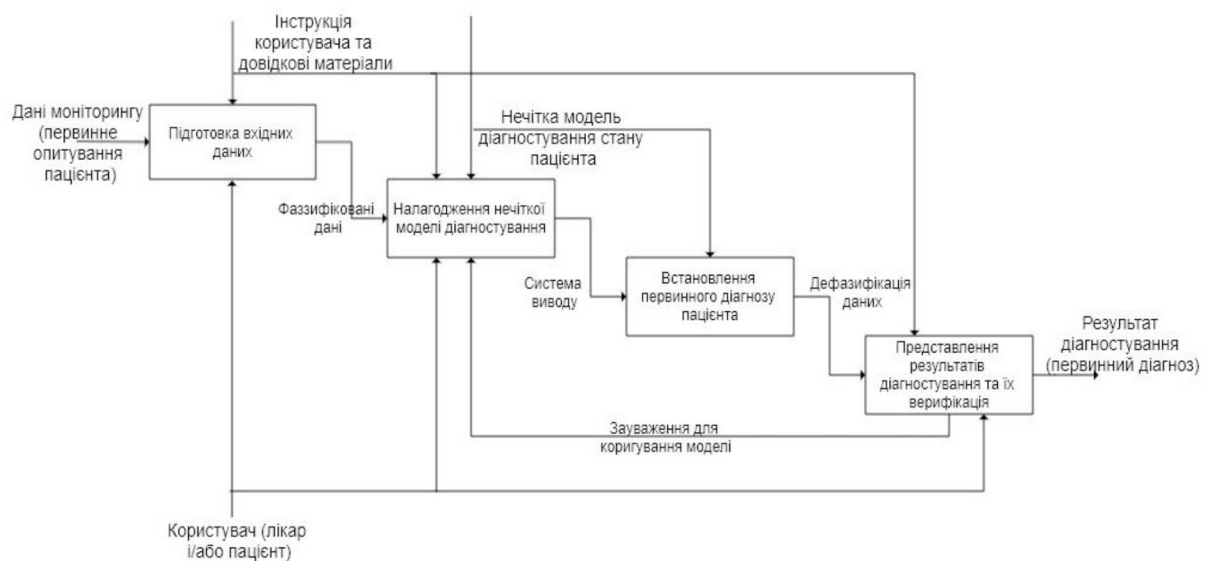


Рис. 2.10 – IDEF1 – функціональна модель комп'ютерної системи діагностування пацієнтів із використанням нечіткої логіки

Розглянемо функціональні блоки підсистем:

- Підготовка вхідних даних – до цього блоку користувач надає дані про своє самопочуття, та відбувається процес фазифікації даних.
- Налагодження нечіткої моделі діагностування – у цьому блоці відбувається налагодження нечіткої моделі на основі фазифікованих даних та за необхідності коригується механізм нечіткого виводу.
- Встановлення первинного діагнозу пацієнта – система нечіткого виводу надає інформацію, щодо виду захворювання, та дефазифікує отриманий результат.
- Представлення діагнозів та їх верифікація – відбувається перевірка на відповідність діагнозу реальності та надається результат первинного діагностування.

2.3.2 Розробка системи нечіткого виводу для визначення респіраторного захворювання

Для розробки системи прийняття долікарських рішень були обрані респіраторні захворювання, оскільки вони мають подібні симптоми і найбільш розповсюджені у зимовий період. Також люди, які мають симптоми респіраторних захворювань, не поспішають звертатися до лікарів, і тому необхідний інструмент, який зможе надати попередній діагноз і рекомендацію щодо подальших дій.

Оскільки описати симптоматику захворювань у кількісних характеристиках не можливо, то використання саме системи нечіткого виводу є зручним та доцільним.

У якості вхідних параметрів системи нечіткого виводу були розглянуті 6 симптомів – нечітких лінгвістичних змінних (рис. 2.11):

- температура (значення: нормальна, підвищена, висока);
- кашель (значення: незначний, продуктивний, сильний сухий);
- чхання (значення: відсутнє, часто);

- нежить (значення: відсутній, рідко, сильний);
- біль у горлі значення: (відсутній, слабкий, сильний);
- головний біль (значення: відсутній, слабкий, сильний).

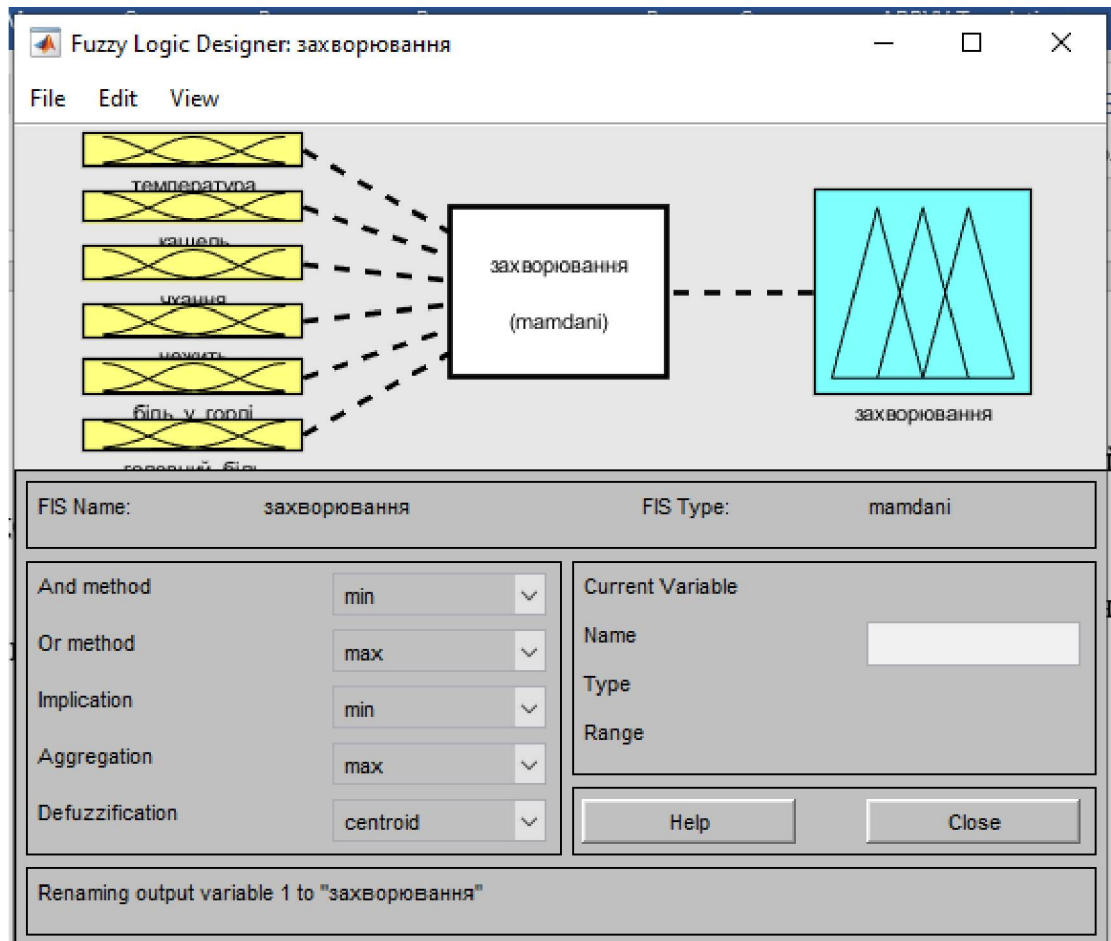


Рис. 2.11 – Нечіткі лінгвістичні змінні

Далі були визначені терми та їх функції приналежності для вхідних та вихідних змінних нашої системи нечіткого виводу:

- для температури (рис. 2.12);
- для кашлю (рис. 2.13);
- для чхання (рис. 2.14);
- для нежиттю (рис. 2.15);
- для болю у горлі (рис. 2.16);
- для головного болю (рис. 2.17).

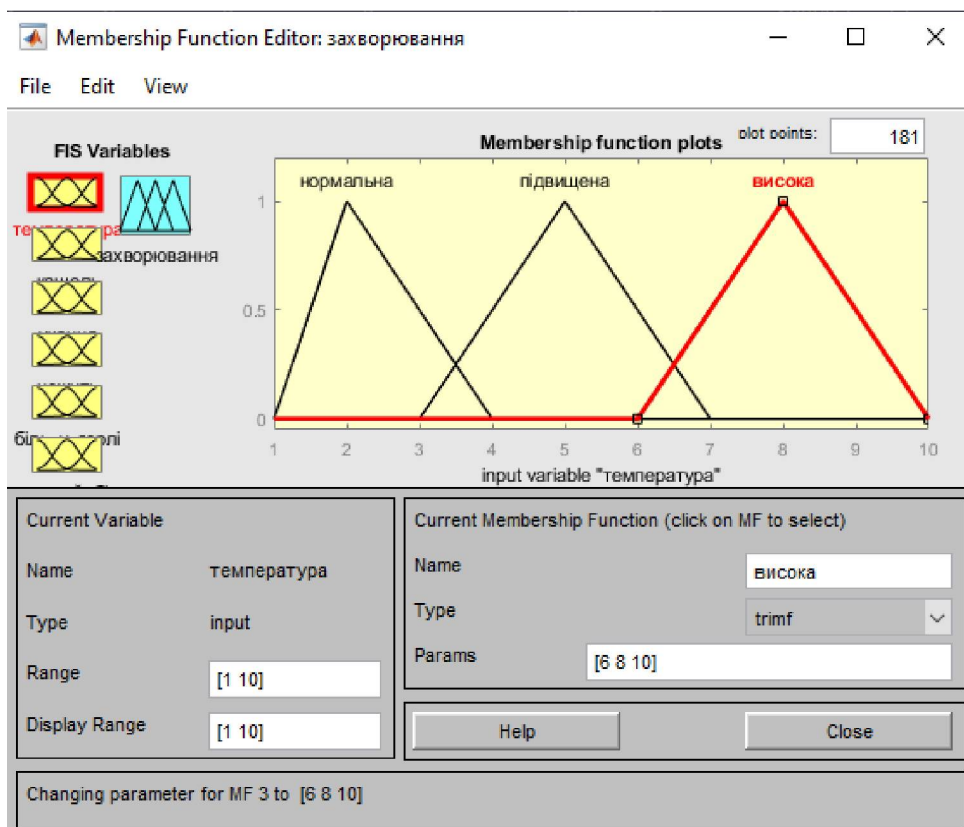


Рис. 2.12 – Терми для визначення температури

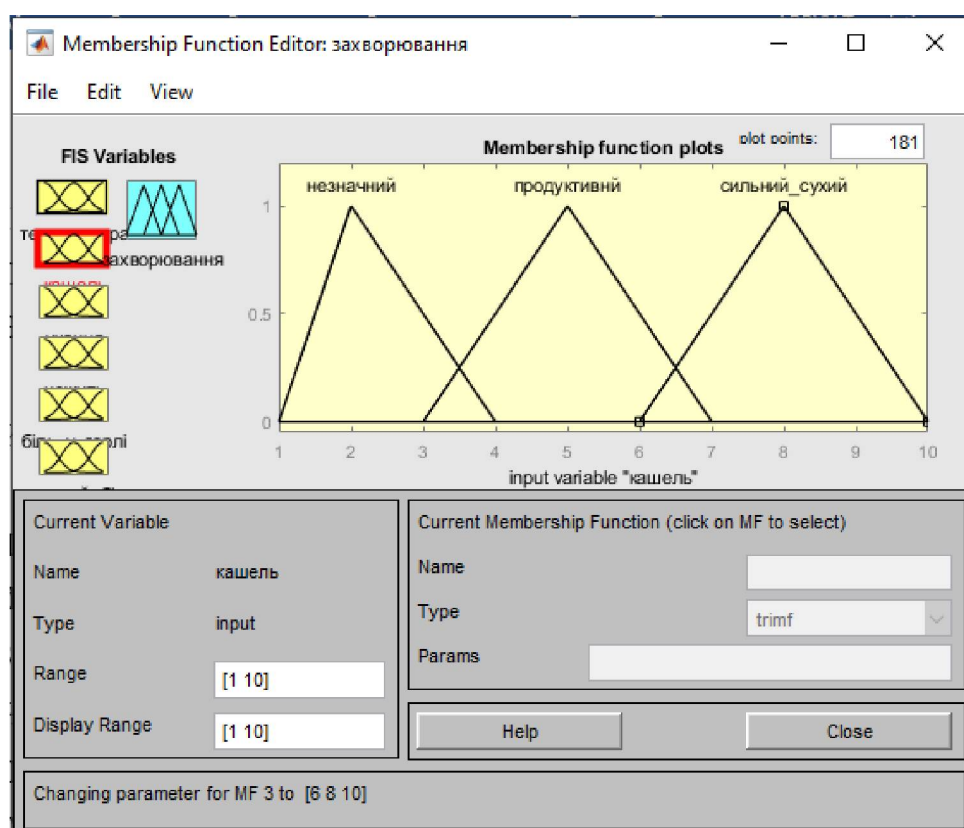


Рис. 2.13 – Терми для визначення кашлю

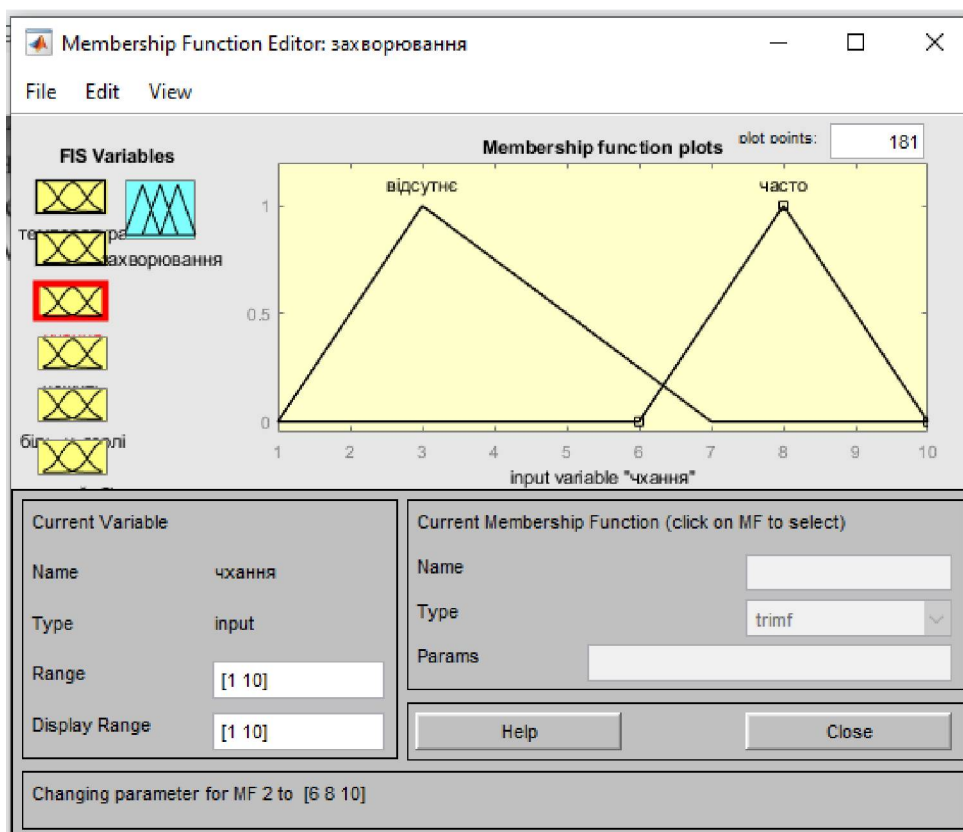


Рис. 2.14 – Терми для визначення чхання

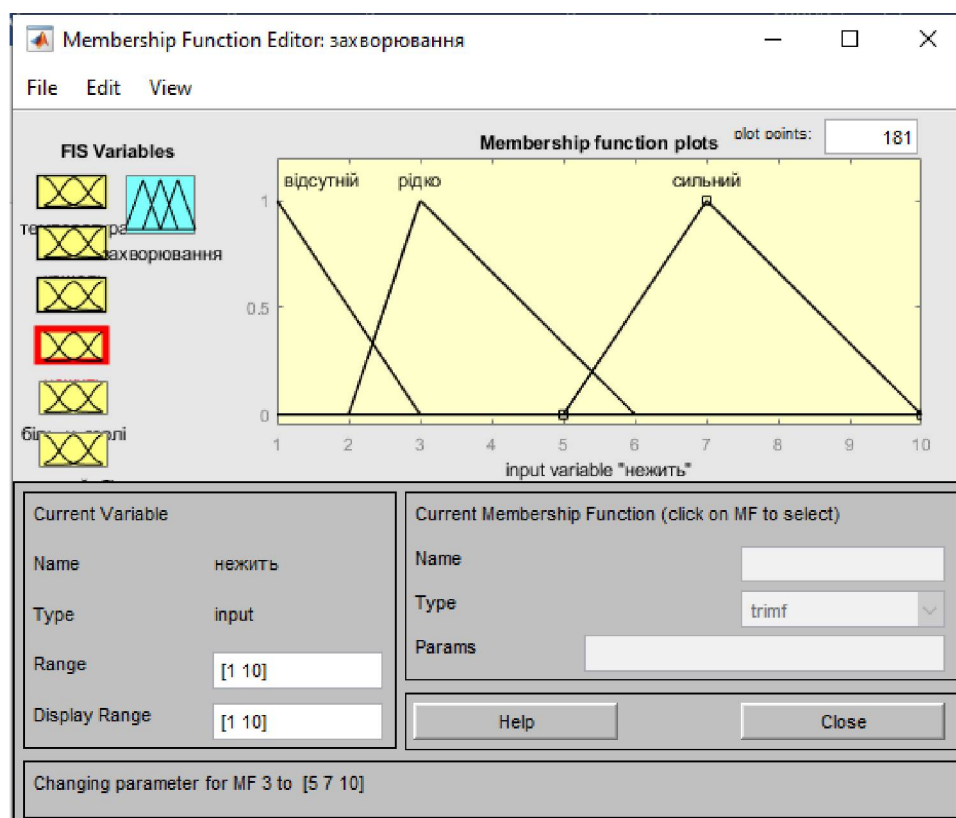


Рис. 2.15 – Терми для визначенню нежиттю

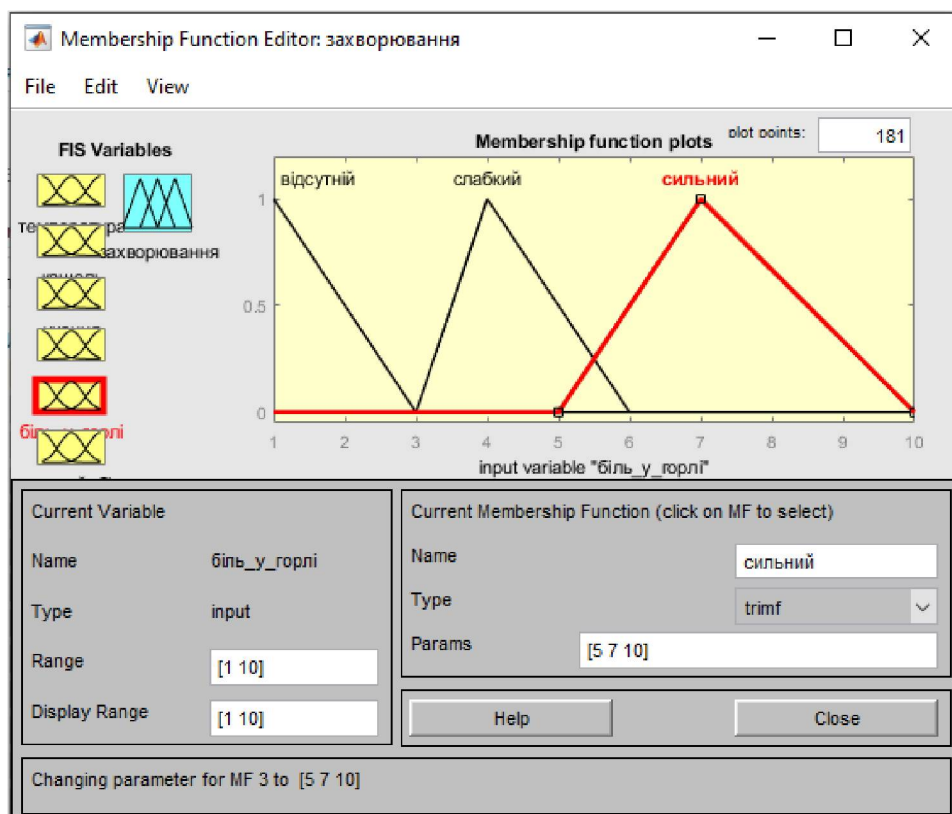


Рис. 2.16 – Терми для визначення болю у горлі

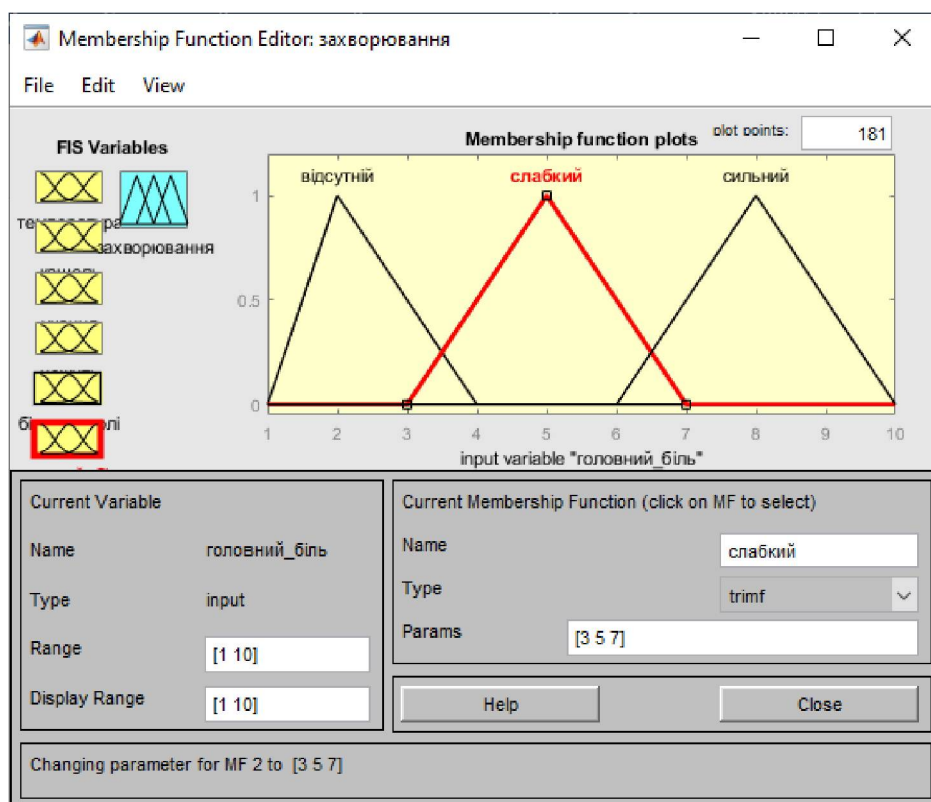


Рис. 2.17 – Терми для визначення головного болю

Для термів були обрані трикутні функції приналежності, бо ці функції використовують, щоб задати такі властивості множин, які характеризують невизначеність.

У якості вихідних параметрів – нечітка лінгвістична змінна «захворювання», розглядається три можливих групи респіраторних захворювань (рис. 2.18): коронавірусні захворювання (значення [0 5 10]), гострі-респіраторні захворювання (значення [10 15 20]) та грип (значення [20 25 30]).

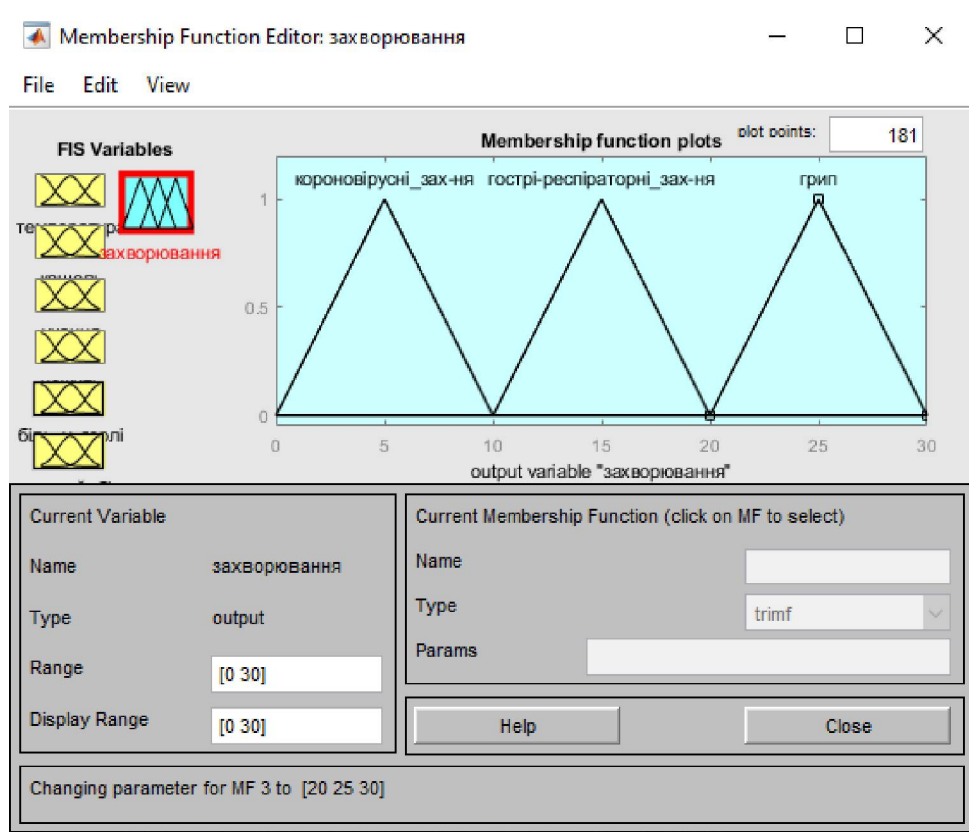


Рис. 2.18 – Терми для визначення захворювання

Далі був створений набір з 20 правил нечіткого виводу (рис. 2.19):

– ПРАВИЛО_1: Якщо «температура висока» та «кашель продуктивний» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль слабкий» то «коронавірусне захворювання».

– ПРАВИЛО_2: Якщо «температура нормальна» та «кашель продуктивний» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головна біль слабкий» то «коронавірусне захворювання».

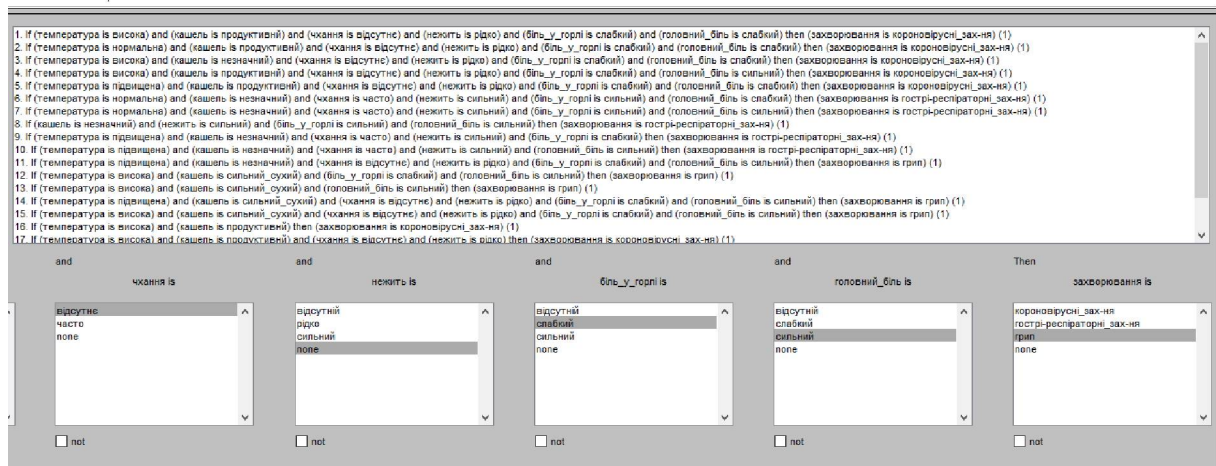


Рис. 2.19 – Евристичні правила

– ПРАВИЛО_3: Якщо «температура висока» та «кашель незначний» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль слабкий» то «коронавірусне захворювання».

– ПРАВИЛО_4: Якщо «температура висока» та «кашель продуктивний» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль сильний» то «коронавірусне захворювання».

– ПРАВИЛО_5: Якщо «температура підвищена» та «кашель продуктивний» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль слабкий» то «коронавірусне захворювання».

– ПРАВИЛО_6: Якщо «температура нормальна» та «кашель незначний» та «чхання часто» та «нежить сильний» та «біль у горлі сильний» та «головний біль слабкий» то «гостро-респіраторне захворювання».

– ПРАВИЛО_7: Якщо «температура нормальна» та «кашель незначний» та «чхання часто» та «нежить сильний» та «біль у горлі сильний» та «головна біль сильний» то «гостро-респіраторне захворювання».

– ПРАВИЛО_8: Якщо «кашель незначний» та «нежить сильний » та «біль у горлі сильний» та «головний біль сильний» то «гостро-респіраторне захворювання».

– ПРАВИЛО_9: Якщо «температура підвищена» та «кашель незначний» та «чхання часто» та «нежить сильний» та «біль у горлі слабкий» то «гостро-респіраторне захворювання».

– ПРАВИЛО_10: Якщо «температура підвищена» та «кашель незначний» та «чхання часто» та «нежить сильний» та «головний біль сильний» то «гостро-респіраторне захворювання».

– ПРАВИЛО_11: Якщо «температура підвищена» та «кашель незначний» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль сильний» то «грип».

– ПРАВИЛО_12: Якщо «температура висока» та «кашель сильний сухий» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль сильний» то «грип».

– ПРАВИЛО_13: Якщо «температура висока» та «кашель сильний сухий» та «головний біль сильний» то «грип».

– ПРАВИЛО_14: Якщо «температура підвищена» та «кашель сильний сухий» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль сильний» то «грип».

– ПРАВИЛО_15: Якщо «температура висока» та «кашель сильний сухий» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль сильний» то «грип».

– ПРАВИЛО_16: Якщо «температура висока» та «кашель продуктивний» то «коронавірусне захворювання».

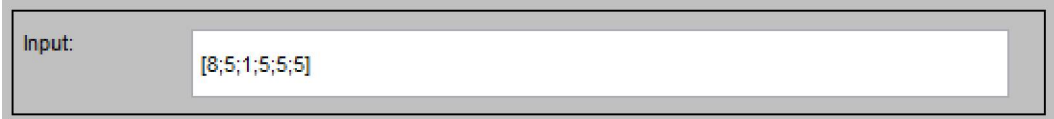
– ПРАВИЛО_17: Якщо «температура висока» та «кашель продуктивний» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» то «коронавірусне захворювання».

– ПРАВИЛО_18: Якщо «чхання часто» та «нежить сильний» та «головний біль слабкий» то «гостро-респіраторне захворювання».

– ПРАВИЛО_19: Якщо «температура підвищена» та «чхання часто» та «нежить сильний» та «головний біль слабкий» то «гостро-респіраторне захворювання».

– ПРАВИЛО_20: Якщо «температура висока» та «кашель сильний сухий» та «чхання відсутнє» та «біль у горлі слабкий» то «головний біль сильний» то «грип».

Після вказання правил нечіткого виводу є можливим отримати результат нечіткого виводу для конкретних значень вхідних змінних, а саме (рис. 2.20): «температура висока» та «кашель продуктивний» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль слабкий». У рядок вводу Input задаємо значення для симптомів: температура висока – значення 8, кашель продуктивний – значення 5, чхання відсутнє – значення 1, нежить рідко – значення 5, біль у горлі слабкий – значення 5, головний біль слабкий – значення 5. Такі значення записані у відповідності до значення параметрів відповідних термів.



The image shows a rectangular window with a grey border. Inside, on the left, is the label 'Input:'. To its right is a white rectangular input field containing the text '[8;5;1;5;5;5]' in a monospaced font.

Рис. 2.20 – Значення вхідних даних

Отримали висновок, що за таких симптомів маємо «коронавірусне захворювання» (рис. 2.21), адже для значення 5 відповідне саме це захворювання.

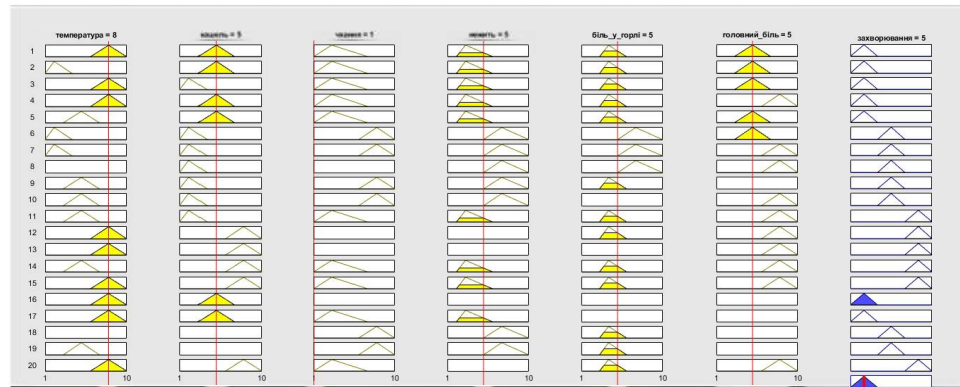


Рис. 2.21 – Результат нечіткого виводу

Висновки за розділом 2

У розділі було виконано:

- було проаналізовано основи нечіткої логіки, а також її архітектура, яка складається з: бази знань, фазифікації, дефазифікації та нечіткого виводу;
- виявлено переваги та недоліки нечіткої логіки;
- були розглянуті різноманітні алгоритми нечіткого виводу;
- проаналізовано класифікації функцій приналежності;
- було наведено приклад нечіткої логіки для управління роботою пральної машини;
- розглянуто наявні програмні засоби для реалізації систем з нечітким виводом;
- створена комп'ютерна модель системи підтримки прийняття медичних рішень із застосуванням нечіткої логіки, а також наведений приклад її роботи.

РОЗДІЛ 3.

ТЕСТУВАННЯ МОДЕЛІ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ ПАЦІЄНТІВ

3.1 Тестування моделі комп'ютерної системи при різних вхідних даних

За для того, аби переконатися у правильній роботі розробленої системи діагностування стану пацієнтів було виконано декілька тестів.

ТЕСТ 1. Вхідні дані: температура висока» та «кашель сильний сухий» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль сильний». Результат: захворювання – грип, адже система показала значення 25 (рис. 3.1).

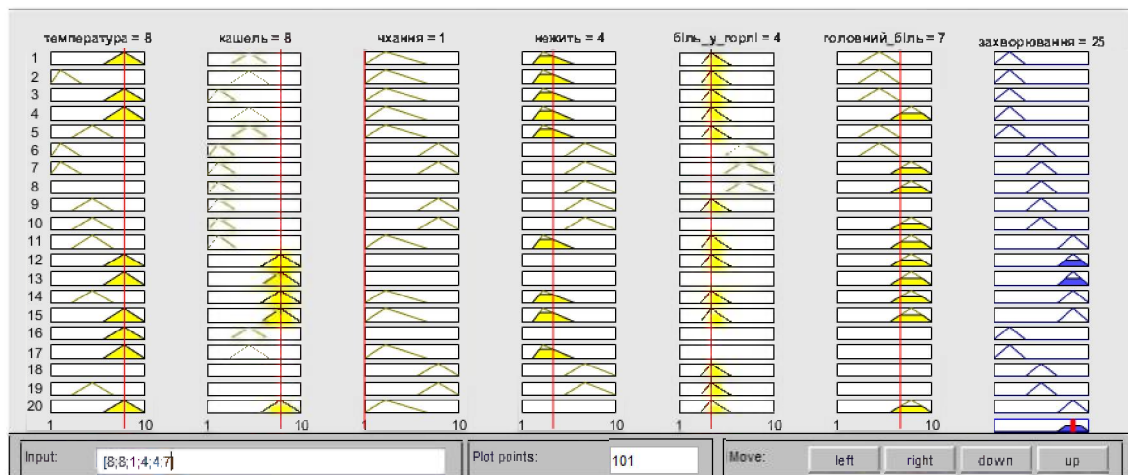


Рис. 3.1 – Результат тесту 1

ТЕСТ 2. Вхідні дані: «температура нормальна» та «чхання часто» та «нежить сильний» та «головний біль слабкий». Результат: захворювання – гострі-респіраторні захворювання, адже система показала значення 15 (рис. 3.2).



Рис. 3.2 – Результат тесту 2

ТЕСТ 3. Вхідні дані: «температура висока» та «кашель сильный сухой» та «чхання відсутнє» та «біль у горлі слабкий» то «головний біль сильный». Результат: захворювання – грип, адже система показала значення 25 (рис. 3.3).

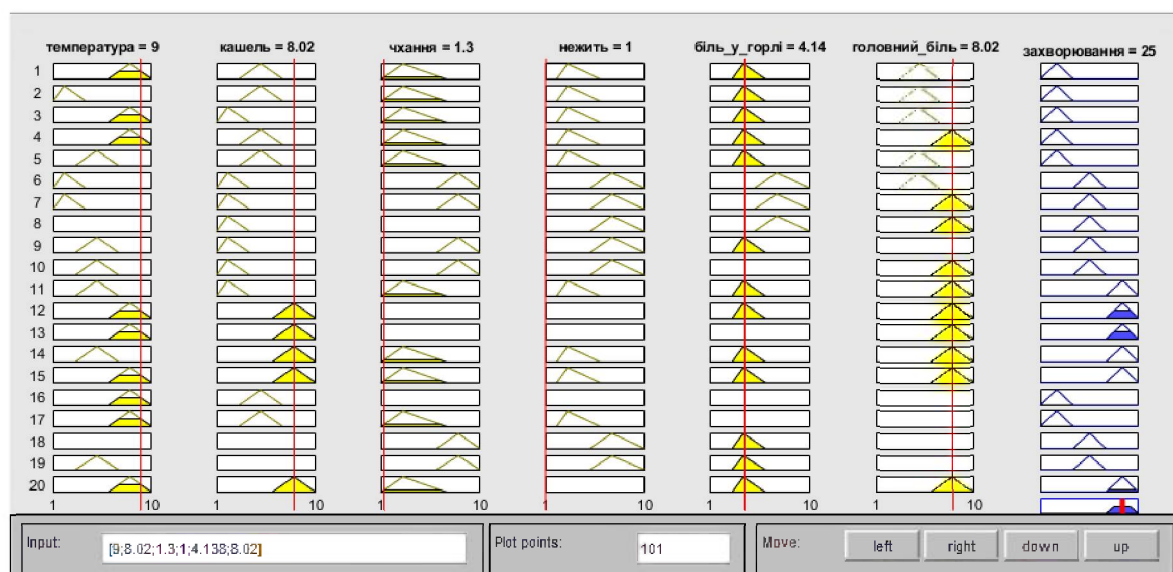


Рис. 3.3 – Результат тесту 3

ТЕСТ 4. Вхідні дані: «температура висока» та «кашель продуктивный» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль сильный». Результат: захворювання – коронавірусне захворювання, адже система показала значення 5 (рис. 3.4).

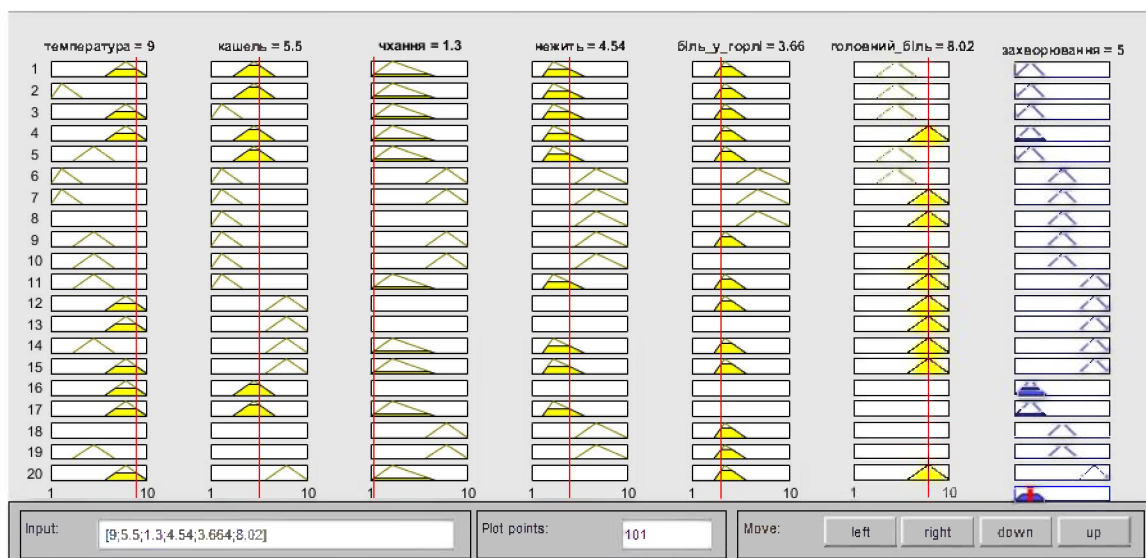


Рис. 3.4 – Результат тесту 4

ТЕСТ 5. Вхідні дані: «температура висока» та «кашель продуктивний» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко». Результат: захворювання – коронавірусне захворювання, адже система показала значення 5 (рис. 3.5).

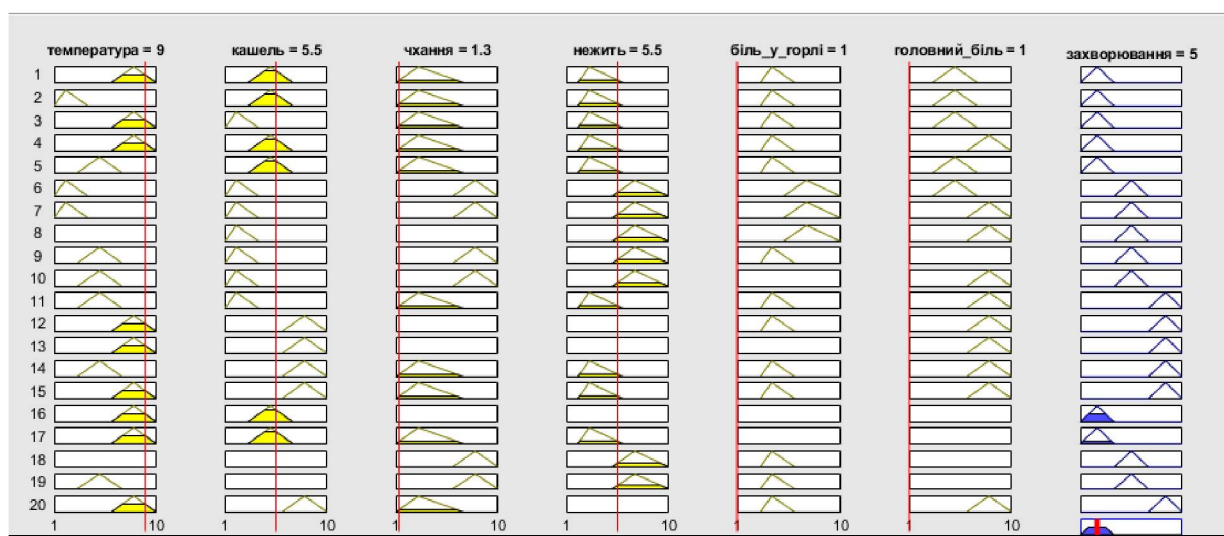


Рис. 3.5 – Результат тесту 5

ТЕСТ 6. Вхідні дані: «чхання часто» та «нежить сильний» та «головний біль слабкий». Результат: захворювання – гостре-респіраторне захворювання, адже система показала значення 15 (рис. 3.6).

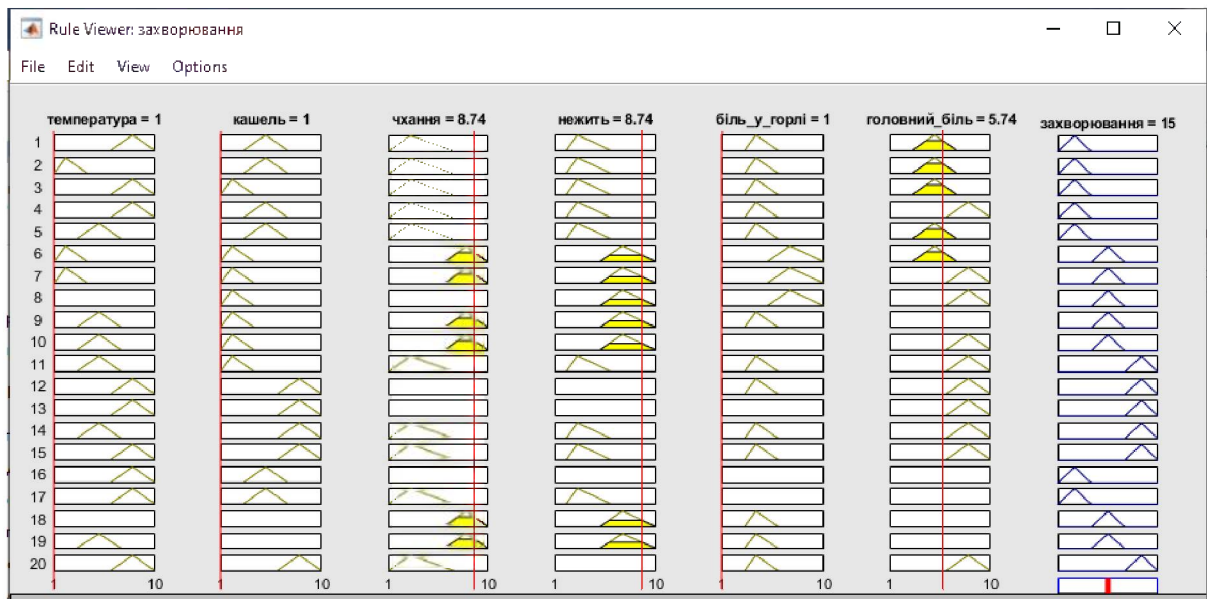


Рис. 3.6 – Результат тесту 6

По закінченню розгляду процесу розробки системи нечіткого виводу слід зауважити, що найбільш ефективним цей спосіб виявляється для складних нечітких моделей з великою кількістю змінних і правил нечіткого виводу. У такому випадку вказання змінних і функцій приналежності, їх термів у графічному режимі, а також візуалізація правил дозволяють істотно зменшити трудомісткість розробки нечіткої моделі, знизити кількість можливих помилок і зменшити загальний час нечіткого моделювання.[29]

У процесі роботи слід пам'ятати, що кількість змінних та правил у нечіткій моделі, які можуть бути візуалізовані, обмежена. Зокрема, якщо кількість вхідних змінних перевищує 10, то їх відображення у відповідних графічних редакторах відбувається зі спотвореннями.[29]

3.2 Тестування моделі комп'ютерної системи при гаусовій функції приналежності

Далі протестуємо декілька різних функцій приналежності, та побачимо як зміниться результат. Змінимо трикутну функцію на гаусову для усіх вхідних даних (рис.3.7).

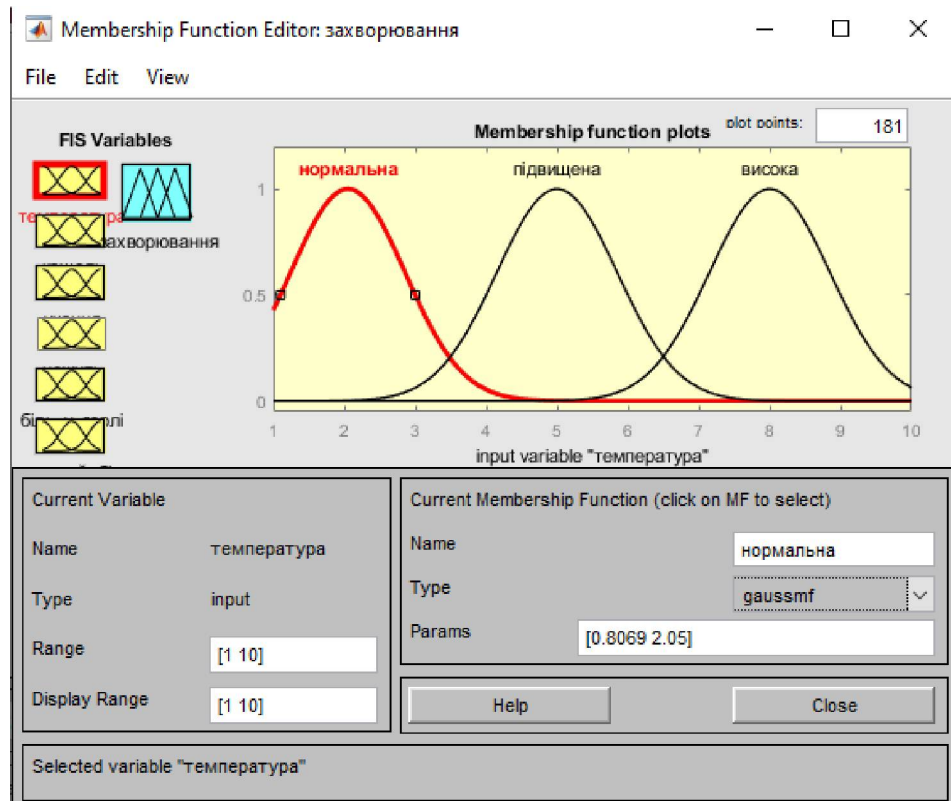


Рис.3.7 – Гаусова функція приналежності

Виконаємо ТЕСТ 1 ще раз. Вхідні дані: температура висока» та «кашель сильний сухой» та «чхання відсутнє» та «нежить рідко» та «біль у горлі слабкий» та «головний біль сильний». Результат: захворювання – грип, адже система показала значення 25 (рис. 3.8).

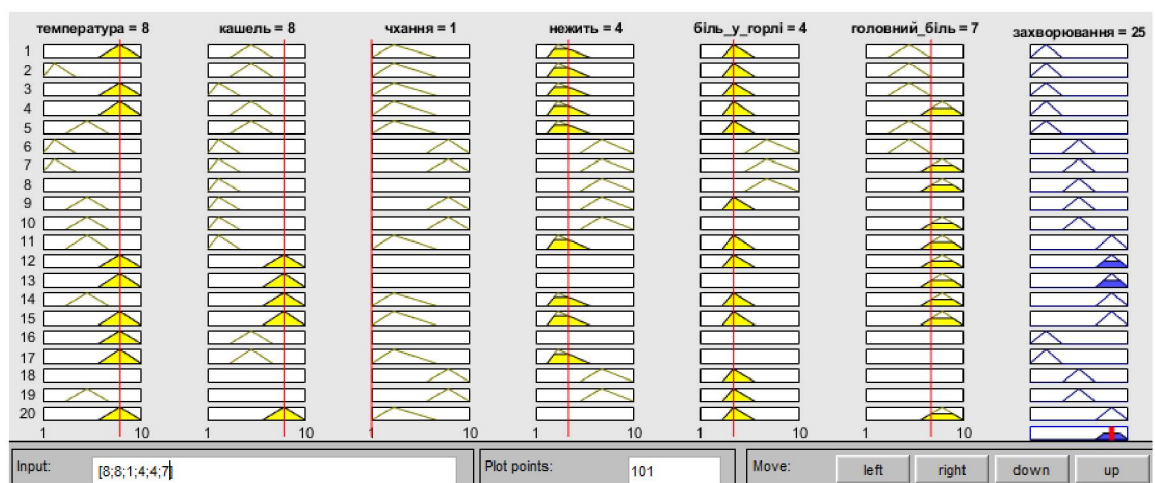


Рис. 3.8 – Результат тесту 1 з гаусовою функцією приналежності

Виконаємо ТЕСТ 6 ще раз. Вхідні дані: «чхання часто» та «нежить сильний» та «головний біль слабкий». Результат: захворювання – гостре-респіраторне захворювання, адже система показала значення 15 (рис. 3.9).

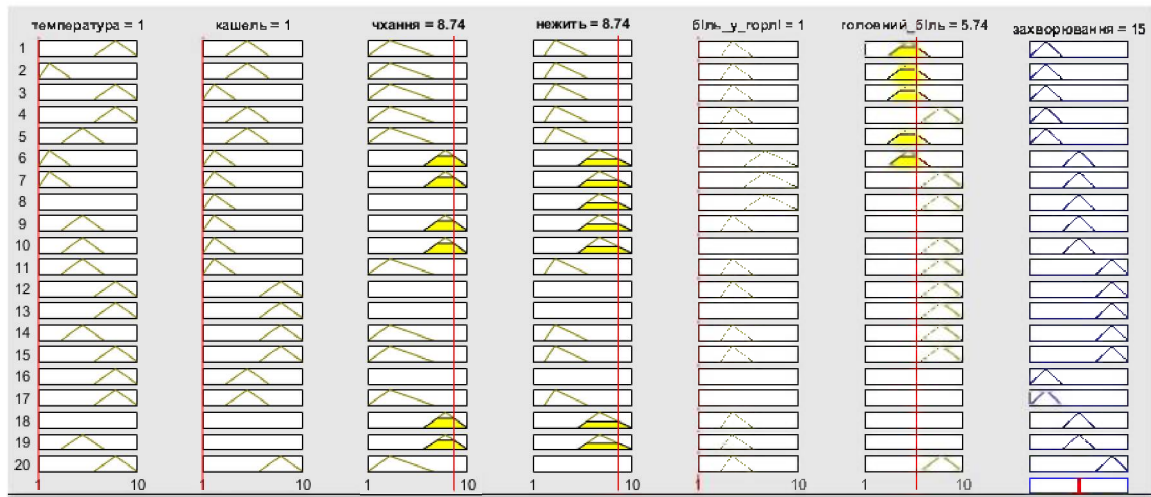


Рис. 3.9 – Результат тесту 2 з гаусовою функцією приналежності

Висновок: результат нечіткого виводу не залежить від функції приналежності.

Висновки за розділом 3

У цьому розділі були виконані тестові перевірки правильності роботи системи діагностування стану пацієнтів. Після вірного виконання 6 тестових завдань можна зробити висновок, що система працює правильно.

ВИСНОВКИ

Представлена кваліфікаційна робота спрямована на створення комп'ютерної моделі системи підтримки прийняття долікарських рішень із застосуванням нечіткої логіки.

Система підтримки прийняття лікарських рішень (СППЛР) – це медично-інформаційна система, призначена для допомоги лікарям та іншим медичним фахівцям у роботі із завданнями, пов'язаними з прийняттям клінічних рішень. Роль СППЛР полягає не у заміні керівника, а у підвищенні ефективності його роботи. Для цього СППЛР повинні мати інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс, а в ідеалі вміти вести діалог з користувачем характерною для керованої області мовою. Основна мета СППЛР – це автоматизація процесу прийняття рішень та здійснення ефективної взаємодії між людиною і системою у процесі пошуку рішення.

Використання моделювання в різних сферах діяльності завжди є актуальним, тому що воно дозволяє уникати ризиків, відтворювати критичні ситуації, відпрацьовувати різні алгоритми дій без залучення значних ресурсів. Це визначає актуальність і необхідність цієї роботи.

Перший розділ роботи присвячений ознайомленню з особливостями використання систем прийняття медичних рішень у межах системи управління процесом надання медичних послуг. Крім того у розділі були розглянуті десять існуючих системи підтримки прийняття лікарських рішень, створених у різних країнах, і проведений їх порівняльний аналіз.

У другому розділі було проаналізовано основи нечіткої логіки, а також її архітектура; виявлено переваги на недоліки нечіткої логіки; були розглянуті різноманітні алгоритми нечіткого виводу; проаналізовано класифікації функцій приналежності; наведено приклад нечіткої логіки для управління роботою пральної машини; розглянуто наявні програмні засоби для реалізації систем з нечітким виводом. Також за допомогою визначення та налаштування

лінгвістичних змінних, евристичних правил була створена система підтримки прийняття долікарських рішень із застосуванням нечіткої логіки.

Третій розділ роботи присвячений тестуванню розробленої системи. Виконавши 6 тестових завдань можна зробити висновок, що система працює вірно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шотовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 2001. – 756 с.
2. Круглов В.В., Длин М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. – М.: Физматлит, 2002.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб., 2003.
4. Kosko B. Fuzzy systems as universal approximators // IEEE Transactions on Computers, vol. 43, No. 11, November 1994. – P. 1329-1333.
5. Cordon O., Herrera F., A General study on genetic fuzzy systems // Genetic Algorithms in engineering and computer science, 1995. – P. 33-57.
6. Телішевська А. В. Ідентифікація моделі медичної системи на базі нечіткої логіки / А. В. Телішевська, А. І. Поворожнюк // Вісник НТУ «ХПІ». Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – Харків: НТУ «ХПІ». 2013. – № 39(2012). – С. 177–181
7. Мельник К.В. Процедура диагностирования состояния сердечнососудистой системы пациента на основе нечеткой логики / Мельник К.В., Голоскоков А.Е. // Вестник НТУ «ХПИ». Тематический выпуск: Информатика и моделирование – Харьков: НТУ «ХПИ». 2008. – N 49. – С. 101 – 104.
8. Phuong N. Fuzzy logic and its applications in medicine / N. Phuong, V. Kreinovich // Proc. of Asian Pacific Medical Informatics Conference APAMI-MIC'2000; Hong Kong – 27-30 September 2000. – P. 1–11.
9. Пристрій для тестування респіраторних порушень нюху: пат. 110452 С2 Україна: МПК А61В 5/08(2006.01) / Аврунін О.Г., Журавльов А.С., Шумлятина Н.О., Носова Я.В., Фарух Х., заявник та патентовласник Харківський національний університет радіоелектроніки

10. Системы поддержки принятия врачебных решений. [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemy-podderzhki-prinyatiya-vrachebnyh-resheniy-analiz-multimodalnyh-dannyh-raznitsa-chelovecheskogo-i-mashinnogo-podkhoda> (дата ~~звернення~~ – 03.09.2021)
11. Информационная система поддержки принятия лечебно-диагностических решений на основе формализации профессиональных знаний. [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-sistema-podderzhki-prinyatiya-lechebno-diaagnosticheskikh-resheniy-na-osnove-formalizatsii-professionalnyh-znaniy/viewer> (дата ~~звернення~~ – 10.09.2021)
12. Жизненный цикл систем поддержки принятия врачебных решений как медицинских технологий. [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhiznennyy-tsikl-sistem-podderzhki-prinyatiya-vrachebnyh-resheniy-kak-meditsinskih-tehnologiy/viewer> (дата ~~звернення~~ – 15.09.2021)
13. MeDiCase. [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://medicas.e-pro> (дата ~~звернення~~ – 20.09.2021)
14. RampMedical. [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://www.rampmedical.com/> (дата ~~звернення~~ – 21.09.2021)
15. Tarabealthcare. [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://www.tarabealthcare.com/> (дата ~~звернення~~ 23.09.2021)
16. ЕКФ. [Электронный ресурс]. режим ~~доступа~~ URL: <https://www.esy.umkb.com> (дата ~~звернення~~ 24.09.2021)
17. Droitelabs. [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://www.droitelabs.com/> (дата ~~звернення~~ 25.09.2021)
18. Celmer. [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://www.celmer.com/> (дата ~~звернення~~ 26.09.2021)
19. InferScience. [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://www.inferscience.com/about-infera/> (дата ~~звернення~~ 27.09.2021)

%D0%B4%D0%BB%D0%B5%D0%B6%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8 (дата ~~звернення~~ 22.10.2021)

26. Основные типы функций принадлежности [Электронный ресурс].

режим доступа: URL:

https://studref.com/461986/ekonomika/osnovnye_tipy_funktsiy_prinadlezhnosti (дата ~~звернення~~ 23.10.2021)

27. ~~Fuzzy Logic~~ Четкие решения нечеткой логики

[Электронный ресурс]. режим доступа: URL:

http://www.bacnet.ru/knowledgebase/articles/index.php?ELEMENT_ID=653 (дата ~~звернення~~ 25.10.2021)

28. Общие сведения о дисциплине «теория нечетких

систем». [Электронный ресурс]. режим доступа: URL: <https://ppt-online.org/841067> (дата ~~звернення~~ 30.10.2021)

29. ПАКЕТ FUZZY LOGIC TOOLBOX FOR MATLAB

[Электронный ресурс]. режим ~~доступа~~: URL:

https://geotmlib.com/papers/Books/04_tarasian_fuzzy_logic.pdf
(дата ~~звернення~~ 2.11.2021)

ДОДАТКИ

Додаток А.

Завдання на дипломну роботу

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри теоретичної та
прикладної системотехніки
д.т.н., проф. Шматков С.І.

«___» _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Нєвскаїної Вероніки Юріївни

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи Модель комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки

керівник роботи Стрілець Вікторія Євгенівна, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, місце роботи)

затверджені наказом по університету від "___" _____ 2021 року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити.

- Огляд існуючих комп'ютерних систем медичного діагностування.
- Аналітичний огляд підходів до побудови діагностичних моделей.
- Математична модель діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки.
- Розробка моделі комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки.
- Створення та тестування комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки.
- Розробка рекомендацій щодо застосування запропонованої моделі комп'ютерної системи.

4. План роботи

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Огляд сучасних інформаційних систем медичної діагностики, визначення їх особливостей	15.10.2020–15.12.2020
2	Ознайомлення з існуючими підходами до побудови діагностичних моделей у системах медичного моніторингу	16.12.2020–15.03.2021
3	Визначення предмету та об'єкту дослідження, мети та актуальності	16.03.2021–16.04.2021
4	Розробка математичної моделі діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки	17.04.2021–17.07.2021
5	Розробка моделі комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки	18.07.2021–18.09.2021
6	Тестування моделі діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки, оцінка ефективності	19.09.2021–20.09.2021
7	Розробка рекомендацій по застосуванню запропонованої моделі комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів	21.09.2021–21.10.2021
8	Оформлення пояснювальної записки	22.10.2021–01.12.2021

5. Дата здачі завдання _____

Студент

В.Ю. Назаренко

ініціал, прізвище

Керівник роботи

В.Є. Стрілець

ініціал, прізвище

Додаток Б.

Технічне завдання на розробку програмного виробу

Затвердую

«_____» _____ 2021 р.

Технічне завдання
на розробку програмного виробу «Модель комп'ютерної системи
діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки»

1.	Базові дані	1. Назва: Модель комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки. 2. Область застосування: медична діагностика.
2.	Підстава для розробки	1. Накладний план ФКН за фактом 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». 2. Завдання на кваліфікаційну роботу магістра Наказ Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна № 0210-05/1804 від 10.09.2021 р. (Додаток А).
3.	Призначення розробки та мета	1. Модель призначена для використання в науково-дослідній роботі. 2. Мета: підвищення ефективності процесу встановлення превентивного діагнозу.
4.	Технічні вимоги до програмного виробу	Модель повинна: 1. Проводити моніторинг вхідних даних. 2. Налаштовувати нечітку модель діагностування. 3. Встановлювати первинний діагноз пацієнта. 4. Представляти діагнози та їх верифікації.
5.	Вхідні дані	Дані про симптоми пацієнтів.
6.	Вимоги до програмної документації	Програмною документацією щодо розробленого програмного продукту вважатися: 1. Справжнє технічне завдання на розробку програми (представити як Додаток Б до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).

		2. Програму і методику випробувань розробленої програми (представити як Додаток В до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи). 3. Опис програмного виробу (представити в Розділі 2 пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи). 4. Аналіз праездатності моделі (представити в розділі 3 до пояснювальної записки до дипломної роботи).	
7.	Вимоги до техніко-економічних показників.	1. Оцінка економічної ефективності – не потрібна. 2. Порівняльна характеристика наявних СППР (Представити в розділі 1 пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).	
8.	Статті і етапи розробки	Дата	Назва етапу
		від 01.08.2021 до 30.08.2021	Отримання і теоретичний матеріал.
		від 01.09.2021 до 10.09.2021	Визначення предмету та об'єкту дослідження, мети та актуальності.
		від 12.09.2021 до 30.10.2021	Розробка моделі комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки.
		від 01.11.2021 до 15.11.2020	Оцінювання праездатності моделі.
		від 16.11.2021 до 28.11.2021	Створення пояснювальної записки
9.	Порядок контролю і приймання програмного продукту (моделі)	1. Перевірку ходу розробки долатку виконувати раз в 3 тижні. 2. Випробування програмного продукту провести відповідно до програми та методики випробувань на базі комп'ютерного класу.	

	3. Захист розробленої моделі провести на засіданні Атестаційної комісії. 4. Пояснювальну записку подати на перевірку носіях в 1 примірнику і в електронному вигляді в 1 примірнику на CD-R компакт-диску.
--	---

Виконавця
студента групи КУ- 61
Невєдина В.Ю.

Замовник
к. т. н.,
Стрілець В.Є.

Затверджено

« _____ » _____ 2021р.

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ВИПРОБУВАНЬ
програмного випробу « Модель комп'ютерної системи діагностування
стану пацієнтів на основі нечіткої логіки »

1. Об'єкт випробувань

Об'єктом випробувань є модель комп'ютерної системи діагностування стану пацієнтів на основі нечіткої логіки.

2. Мета випробування

Перевірка відповідності функціональності програмної реалізації заявленим функціональним можливостям в технічному завданні (Додаток Б до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи).

3. Вимоги до програми

Програма повинна:

1. Моніторинг вхідних даних;
2. Налаштування нечіткої моделі діагностування;
3. Встановлення первинного діагнозу пацієнта;
4. Представлення діагнозів та їх верифікація;
5. Вимоги до маркування та упаковки (не висуваються);
6. Вимоги до транспортування і зберігання (не висуваються);
7. Спеціальні вимоги (не пред'являються).

4. **Вимоги до програмної документації**

Склад програмної документації що представляється на випробуванні:

Програмною документацією щодо розроблюваного програмного продукту є:

1. Технічне завдання на розробку програм (представлено як Додаток Б до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи);
2. Програма і методика випробувань розробленої програми (представлена як Додаток В до пояснювальної записки до кваліфікаційної роботи);
3. Опис програмного виробу (представити в Розділі 2 пояснювальної записки до дипломної роботи).

5. **Засоби випробувань**

Необхідна наявність ПК з сучасним програмним забезпеченням, необхідним для роботи програмного продукту та програмний засіб Matlab.

6. **Програма і методика випробувань**

1. Перевірка програмної документації
2. Перевірка складу програмної документації. Перевірку здійснювати за критерієм наявності, представленої в ТЗ документації.
3. Перевірка якості програмної документації. Перевірку здійснювати за критерієм відповідності вимогам ГОСТ 19.301-79 ЕСПД. «Програма і методика випробувань».
4. Перевірка працездатності програми.

Тест 1 «Перший набір симптомів»

Вхідні дані: температура висока» та «кашель сильний сухий» та «чихання відсутні» та «нежить рідко» та «біть у горлі слабкий» та «головний біль сильний». Результат захворювання – грип, адже система показала значення 25 (рис. 1).



Рис. 1 – Результат тесту 1

Висновок: система **працює** правильно.

Тест 2 «Другий набір симптомів»

Вхідні дані: «температура нормальна» та «частота» та «кислотність» та «середній біл» «слабкий». Результат заповнення – тести-рецидивури заповнення, але система показала значення 15 (рис. 2).



Рис. 2 – Результат тесту 2

Висновок: система **працює** правильно.

Висновок: **система працює правильно.**

Висновок: студентка **Ірина ІУ-61, Романова В.Ю.**