

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Приладобудівний факультет

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри ІВТ
_____ Володимир ЄРЕМЕНКО
(підпис)
“ _____ ” _____ 2024р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
на тему: «Методи оцінки рівня стресу з використанням нечіткої логіки»

Виконав: студентка 2 курсу, групи ПІ-21мп

_____ Павлюченко Анастасія Сергіївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник к.т.н., старший викладач Щербань А.П. _____ (посада,
науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Консультант стартап-проект завідувач кафедри економічної _____
кібернетики д.е.н., проф. Бояринова К.О. _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент професор, д.п.н., Протасов А.Г. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

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

Студент _____
(підпис)

Київ-2024 року

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

на тему: Методи оцінки рівня стресу з використанням нечіткої логіки

Київ – 2024 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
 "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"
 Приладобудівний факультет
 Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
 Освітньо-кваліфікаційний рівень «Магістр»
 Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Володимир ЄРЕМЕНКО

"__" _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

На магістерську дисертацію здобувачу
 Павлюченко Анастасії Сергіївни

1. **Тема дисертації:** «Методи оцінки рівня стресу з використанням нечіткої логіки»,

затверджена наказом по університету від «___» _____ 2023 р. №__.

2. Керівник к.т.н. викладач кафедри ІВТ Щербань Анастасія Павлівна

2. **Термін подання** здобувачем оформленої роботи «__» _____ 2023 р.

3. **Вихідні дані:** результати анкетного тестування та вимірюваного пульсу.

4. **Перелік питань, які мають бути розроблені:**

4.1. *Теоретичні дослідження:*

4.1.1 Виконати огляд та аналіз наукових робіт за темою магістерської роботи.

4.1.2 Огляд сучасних методів визначення рівня стресу .

4.2 *Експериментальні дослідження:*

4.2.1. Розробити узагальненої структурної схеми та функціональної схем пристрою для вимірювання рівня стресу.

4.2.2 Змоделювати роботу методики та виконати експериментальні дослідження за темою магістерської дисертації.

4.2.3 Висновки.

4.2.4 Розробити стартап проєкт.

5. **Перелік публікацій:**

Підготувати до захисту 2 наукові публікації за темою роботи.

6. **Перелік ілюстративного матеріалу:**

Підготувати презентацію за темою магістерської дисертації, структурну та функціональну схему системи ; отримані з модельовані результати роботи системи.

7. **Консультанти розділів дисертації***

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1.	к.т.н. Щербань Анастасія, викладач кафедри ІВТ	16.05.23	
Розділ 2.	к.т.н. Щербань Анастасія, викладач кафедри ІВТ	30.05.23	
Розділ 3.	к.т.н. Щербань Анастасія, викладач кафедри ІВТ	03.09.23	
Розділ 4.	к.т.н. Щербань Анастасія, викладач кафедри ІВТ	3.10.23	
Розділ 5.	Бояринова Катерина Олександрівна д.е.н., проф.; професор кафедри економічної кібернетики КПІ ім. Ігоря Сікорського	2.11.23	

9. Дата видачі завдання 16.05.2023 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Огляд та аналіз наукових робіт за темою магістерської роботи.	16.05.23-29.05.23	
2	Розробка узагальненої структурної схеми системи	30.05.2023 - 1.09.23	
3	Розробка узагальненої функціональної схеми системи	3.09.23 – 1.10.23	
4	Моделювання роботи системи	3.10.23-1.11.23	
5	Розробка стартап проєкту	2.11.23-15.12.23	
6.	Підготовка роботи до захисту. Публікація.	20.12.23	
7.	Передзахист. Подання дисертації на рецензію	8.01.24	
8.	Захист магістерської дисертації	15.01.24	

Здобувач

Науковий керівник

_____ Анастасія ПАВЛЮЧЕНКО

_____ Анастасія ЩЕРБАНЬ

АНОТАЦІЇ

Павлюченко А.С - Інформаційно-вимірювальна система оцінки рівня стресу.

Магістерська дисертація присвячена розробці системи вимірювання рівня стресу. Об'єктом дослідження є оцінка наявного стресового стану людини та відповідно предметом є методи визначення та аналізу рівня стресу, оцінка отриманих результатів відбуватиметься за допомогою системи нечіткої логіки. Тому у роботі буде досліджено всі наявні методи визначення рівня стресу. Розроблені структурні та функціональні схеми для створюваної системи.

Також була розроблена методика оцінки результатів вимірювання рівня стресу, яка базується на правилах нечіткої логіки. Методика оцінки та алгоритм її реалізації стали основою для комп'ютеризованої системи визначення рівня стресу, яка призведе до підвищення якості та точності отриманих результатів. Додатково після проходження дослідження учасник отримуватиме список рекомендації, які сприятимуть покращенню його наявного психічного стану, а саме зниження рівня оціненого стресу.

Ключові слова: *стрес, нечітка логіка, методика, алгоритми, система, датчик, анкетне-тестування, рівень, пульс, вимірювання, оцінка, аналіз.*

Pavliuchenko A.S - Information and measurement system for assessing the level of stress.

The master's thesis is devoted to the development of a system for measuring the level of stress. The object of the study is the assessment of the existing stress state of a person and, accordingly, the subject is the methods of determining and analyzing the level of stress, the evaluation of the obtained results will be carried out using a system of fuzzy logic. Therefore, the work will examine all available methods of determining the level of stress. Developed structural and functional schemes for the system being created.

A methodology for evaluating the results of measuring the stress level was also developed, which is based on the rules of fuzzy logic. The evaluation methodology and the algorithm for its implementation became the basis for a computerized system for

determining the level of stress, which will lead to an increase in the quality and accuracy of the results obtained. Additionally, after completing the study, the participant will receive a list of recommendations that will contribute to the improvement of his existing mental state, namely the reduction of the level of assessed stress.

Keywords: *stress, fuzzy logic, methodology, algorithms, system, sensor, questionnaire-testing, level, pulse, measurement, assessment, analysis.*

РЕФЕРАТ

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація була підготовлена відповідно до науково-дослідного плану кафедри інформаційно вимірювальної техніки Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського."

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської дисертації аналіз існуючих підходів до визначення рівня стресу та розробка системи визначення рівня стресу з використанням нечіткої логіки. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні ієрархічно взаємопов'язані задачі:

- розглянути існуючі методи визначення стресу та дослідити їх сильні та слабкі сторони;
- розробити структурну схему системи та визначитися з алгоритмом оцінки результатів на основі нечіткої логіки;
- розробити функціональну схему та алгоритм роботи системи;
- розробити метод прийняття рішень за допомогою системи нечіткої логіки;
- змодельовати розроблений метод прийняття рішень.

Об'єктом дослідження визначення рівня стресу у людини.

Предметом дослідження є методи оцінки рівнів стресу та їх аналіз за допомогою нечіткої логіки.

Методи дослідження. У роботі використані методи анкетного-тестування для визначення стресу; біометричні методи визначення стресу; методи нечіткої логіки; методи імітаційного моделювання при побудові системи прийняття рішень з використанням нечіткої логіки.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- вперше розроблено метод прийняття рішення, що базується на математичному апараті нечіткої логіки, вхідними даними для якого є контрольовані вхідні параметри.

- вперше розроблено структурну та функціональну схему системи, яка об'єднує два методи визначення стресу: анкетне-тестування та дані про біометричні показники людини.

Практичне значення отриманих результатів. Основні результати роботи становлять науково-методологічну основу для створення системи вимірювання рівня стресу за допомогою нечіткої логіки, що дозволило отримати:

- на основі розроблюваного методу прийняття рішень отримувати якісну оцінку результатам визначення рівня стресу людини.

Особистий внесок здобувача. Основні положення магістерської дисертації здобувачем було отримано самостійно.

Апробація результатів дисертації. Матеріали дисертації були апробовані на наступних конференціях: XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування» 2023р. ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського; XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 2023 р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Публікації. Основний зміст, наукові положення представлені у вигляді 2 тез доповідей на Всеукраїнській науково-практичній конференціях.

Структура та обсяг дисертації. Магістерська дисертація складається з вступу та 5 розділів, списку використаної літератури та додатків. Повний обсяг роботи становить 91 сторінок, до яких входить 78 сторінок основного тексту, 44 ілюстрацій, 23 таблиці, список літературних джерел зі 17 найменувань та 1 додаток.

ABSTRACT

Connection of work with scientific programs, plans, topics. The dissertation was prepared in accordance with the research plan of the Department of Information and Measurement Techniques of the National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorskyi Kyiv Polytechnic Institute."

The purpose and tasks of the research. The goal of the master's dissertation is to develop a system for determining the level of stress and to evaluate it using fuzzy logic. In order to achieve the set goal, it is necessary to solve the following hierarchically interrelated tasks:

- consider existing methods of stress determination and examine their strengths and weaknesses;
- develop a structural diagram of the system and decide on the algorithm of the evaluation of results based on fuzzy logic;
- develop a functional scheme and algorithm of the system; - develop a decision-making method using a system of fuzzy logic;
- to simulate the developed decision-making method.

The object of the study is to determine the level of stress in a person.

The subject of research is methods of stress level assessment and their analysis using fuzzy logic.

Research methods. The work uses questionnaire-testing methods to determine stress; biometric methods of stress determination; fuzzy logic methods; methods of simulation modelling when building a decision-making system using fuzzy logic.

The scientific novelty of the obtained results is as follows:

- for the first time, a decision-making method based on a mathematical apparatus of fuzzy logic was developed, the input data for which are controlled input parameters.
- for the first time, a structural and functional scheme of the system was developed, which combines two methods of stress determination: questionnaire-testing and data on biometric indicators of a person.

Practical significance of the obtained results. The main results of the work constitute a scientific and methodological basis for the creation of a stress level measurement system using fuzzy logic, which made it possible to obtain:

- on the basis of the developed decision-making method, to obtain a qualitative assessment of the results of determining the level of human stress.

Personal contribution of the acquirer. The main provisions of the master's thesis were obtained by the applicant independently.

Approbation of the results of the dissertation. The dissertation materials were tested at the following conferences: XVI All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Looking into the future of instrument building" in 2023. PBF, KPI named after Igor Sikorskyi; XIX All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and young scientists "Efficiency and automation of engineering solutions in instrument building", 2023. K.: PBF, KPI named after Igor Sikorsky.

Publications. The main content, scientific provisions are presented in the form of 2 abstracts of reports at All-Ukrainian scientific and practical conferences.

The structure and scope of the dissertation. The master's thesis consists of an introduction and 5 chapters, a list of used literature and appendices. The total volume of the work is 91 pages, which includes 78 pages of the main text, 44 illustrations, 23 tables, a list of literary sources with 17 titles and 1 appendix.

Зміст

ВСТУП	13
РОЗДІЛ 1	14
АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА МЕТОДІВ ОЦІНКИ РІВНІВ СТРЕСУ	14
1.1 Методики анкетного типу	14
1.2 Електрокардіограми	16
1.3 Дихання	18
1.4 Електродермальна активність (EDA)	19
1.5 Температура шкіри	19
1.6 Електроенцефалографія (ЕЕГ)	20
1.7 Пульс об'єму крові (BVP)	21
1.8 Аналіз методів	22
Висновки до розділу 1	26
РОЗДІЛ 2	27
СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ ОЦІНКИ РІВНІВ СТРЕСУ	27
2.1 Алгоритм Мамдані	30
2.2 Алгоритм Цукамото (Tsukamoto)	35
2.3 Алгоритм Сугено (Sugeno)	36
2.4 Алгоритм Ларсена	38
Висновки до розділу 2	40
РОЗДІЛ 3	41
ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ ТА АЛГОРИТМИ ЇЇ РОБОТИ	41
3.1 Алгоритм роботи системи	42
3.2 Метод оцінки рівнів стресу	46
3.3 Структура системи прийняття рішень з використанням нечіткої логіки	48
Висновки до розділу 3	54
РОЗДІЛ 4	55
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ	55
4.1 Моделювання системи прийняття рішень на основі нечіткої логіки	55
Висновок до розділу 4	68
5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «STRESS_ANALYSIS»	69
5.1 Опис ідеї проекту та технологічний аудит ідеї проекту	69
5.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	71
5.3 Розроблення ринкової стратегії проекту	77
та розроблення маркетингової програми стартап-проекту	77
5.4 Бізнес-модель та реалізація стартап-проекту	81
Висновки	85

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	89
ДОДАТОК А.....	91

ВСТУП

У наш час багато людей знаходяться у стані стресу, а деякі навіть цього не усвідомлюють що знаходяться під його впливом. У помірних кількостях стрес є не шкідливим для людини, але у великих кількостях він починає негативно впливати на життя людини. Наприклад це може призвести до погіршення працездатності на роботі у дорослого або проявитися у погіршення відносин з іншими людьми, а от для підлітків це проявляється у погіршенні в навчанні. Для кожного рівень стресу різний, те що для когось одного неймовірний фактор стресу, для іншого не є проблемою і, відповідно, до цього кожна людина має різний метод визначення рівня стресу. І відповідно виникають неточності в оцінки результатів, які одержують за допомогою методів визначення стресу.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ ТА МЕТОДІВ ОЦІНКИ РІВНІВ СТРЕСУ

Кожна людина стикається з широким спектром стресів у своєму повсякденному житті. Стрес уже давно визначають як реакцію, що виникає в людини під час переходу від спокійного до збудженого стану з метою підтримання тілесної цілісності. З біологічної точки зору стрес розглядають як складну психологічну, когнітивну та поведінкову реакцію, контрольовану центральною нервовою системою (ЦНС) і периферичною нервовою системою (ПНС) людини. Зазвичай стрес можна поділити на негативний і позитивний. Позитивний стрес, в основному є корисним для людини та допомагає йому розв'язувати складні проблеми або адаптуватися до нових ситуацій. А от негативний стрес навпаки є шкідливим для людини й зазвичай цей стрес має негативні психологічні та фізичні наслідки. Зазвичай під терміном "стрес" мають на увазі негативний стрес. Доведено, що негативний стрес сильно впливає на людей, коли вони перебувають у стані постійного напруження, що виникає на робочому місці або вдома. Деякі дослідження засвідчили, що хронічний стрес може призвести до цілої низки фізичних і психічних проблем, включно і з серцево-судинними захворюваннями та імунodefіцитом. Крім того, як що стрес досить сильний, він може впливати на поведінку і наражати на ризик тих, хто постійно стикається з надзвичайними ситуаціями. Тому важливо оцінити рівень стресу в людини та знайти рішення для його подолання. Для цього маємо дослідити всі можливі методи оцінки рівнів стресу.

1.1 Методики анкетного типу

Перший метод, яким ми можемо визначити стрес це методики оцінки рівня стресу в яких потрібно письмово або вербально відповідати на питання, які оформлені в тестування. Даний варіант найпростіший і найшвидший в визначенні рівня стресу. Чому це найпростіше? Тому що ця методика проводиться наступним чином. учаснику дається анкета з певною кількістю питань різного характеру на яку потрібно правдиво відповісти за певний проміжок часу, а потім

після заповнення анкети, оцінюють результати за допомогою ключа(який додається до кожної методики).Розгляньмо декілька методик тестувального характеру, самі анкети з тестуваннями знаходяться у додатку А.

- Методика визначення стресостійкості та соціальної адаптації (автори Д. Холмс, К. Раге).

Дана методика була створена американськими вченими Д. Холмс і К. Раге на основі результатів їхнього експериментального дослідження. Вони дійшли висновку, що наслідки стресу для особистості визначаються не лише її індивідуальними особливостями, а й частотою і силою впливу самих стресчинників. Щоб виміряти стресове навантаження людини, дослідники розробили шкалу, яка присвоює кожній важливій життєвій події певну кількість балів відповідно до ступеня стресу. Отже, цей метод складається з 40 запитання, вони описують які ситуації, події та життєві обставини, що спричиняють стрес, у ньому перераховані. У часнику потрібно вибрати всі події, які відбувалися з ним протягом останнього року. [1]

- Методика визначення рівня особистісної та ситуативної тривожності (автори У. Д. Спілберг, Ю. Л. Ханін). [2]

Тест Спілбергера-Ханіна - одна з методик, які використовують для вивчення психологічного феномена тривожності. Опитувальник складається з 20 тверджень, що визначають тривогу як стан (стан тривоги, реактивна тривога, ситуативна тривога) і як темперамент або рису особистості (риси тривоги). Проте, що Спілбергер має на увазі під обома показниками тривожності, можна судити з такої цитати: "Стан тривоги характеризується суб'єктивним і свідомо сприйманим почуттям загрози та напруги, супроводжуваним або пов'язаним з активацією або збудженням вегетативної нервової системи". Тривожність як риса особистості, вочевидь, має на увазі мотивацію або набуту поведінкову тенденцію, яка зобов'язує людей сприймати широкий спектр об'єктивно безпечних ситуацій як загрозові та спонукає їх реагувати на них у стані тривоги, інтенсивність якої не відповідає величині реальної небезпеки. Шкала реактивної тривожності Спілбергера і Шкала особистісної тривожності - єдині методики, що

дають змогу диференційовано вимірювати тривожність і як особистісну рису, і як патологію. У нашій країні тест використовують у модифікованому варіанті Ю. Л. Ханіна (1976). Реактивна (ситуативна) тривожність - це стан суб'єкта в цей момент, що характеризується почуттями, які він суб'єктивно відчуває. Цей стан виникає як емоційна реакція на екстремальні або стресові ситуації та може змінюватися за інтенсивністю та динамікою з плином часу. [2]

- Самооцінка психологічної адаптивності

Стресостійкість людини безпосередньо пов'язана з її здатністю адаптуватися до життя і гнучко реагувати на зміни в навколишньому середовищі. Низький адаптаційний потенціал - це психологічний чинник, який викликає стрес і посилює кризові переживання. Ми пропонуємо дослідити особистісний адаптаційний потенціал сімей за допомогою двох методик: "Самооцінка психологічної адаптації" та "Оцінка емоційно-активної адаптації особистості". Методика складається з двох етапів: перший і другий етапи складаються з 15 запитань, на які можна відповісти "так", якщо ви згодні, і "ні", якщо не згодні. [3]

Інший варіант визначення стресу може бути біометричні параметри людини, за зміною яких можна зрозуміти в якому стресі зараз знаходиться людина. Яким чином біометричні параметри пов'язаний зі стресом? Наприклад, в стресових ситуаціях, змінюється частота серцевих скорочень (ЧСС) також змінюється діаметр зіниці (DZ), артеріальний тиск (АТ) та частота дихання .

1.2 Електрокардіограми

Перший біометричний параметр про який я б хотіла поговорити це серцебиття людини. Цей параметр ми будемо визначати та оцінювати за допомогою електрокардіограми. Під час ЕКГ фіксується електрична напруга на поверхні шкіри, за допомогою розміщених металевих електродів на тілі. Щоб забезпечити хорошу якість запису ЕКГ, необхідно спочатку промити шкіру спиртом, а потім прикріпити електроди ЕКГ-пристрою до шкіри. Часовий інтервал між 2 ударами серця називається Rr Interval. Інтервал RR може бути

розрахований шляхом спостереження за часовим інтервалом між двох послідовних піків R, шляхом виявлення комплексу QRS. цей комплекс використовується для вимірювання та визначення частоти серцевих скорочень та для варіабельності серцевого ритму (BCP). У порівнянні з BVP, сигнал ЕКГ може забезпечити більш точне визначення частоти серцевих скорочень визначаючи різкі піки R, коли людина перебуває в стресовому стані, час інтервалі між кожним з двох ударів серця нерегулярний, тому існує варіабельність. Моніторинг серцевого ритму (BCP) важливий інструмент для вимірювання невідповідність у розпізнаванні стресу та медичному діагнозі. [6] Якщо проаналізувати частотний спектр BCP, то його частоти можна розділити на 3 групи:

- Дуже низька частота (VLF), $f < 0,04$ Гц
- низька частота (LF), $0,04 \text{ Гц} < f < 0,15$ Гц
- висока частота (HF), $f > 0,15$ Гц

VLF показаний як ненадійний індикатор короткочасного запису (≤ 5 хвилина). Однак низькочастотний діапазон відображає активність симпатичної нервової системи організму, а високочастотні діапазони пов'язані з парасимпатичною активністю. співвідношення енергії двох смуг частот можна розглядати як індикатор вегетативного балансу. Це співвідношення енергії (ER) може бути представлено формулою:

$$ER = \frac{\text{totalenerguinLF}}{\text{totalenerguinHF}} \quad (1.1)$$

Велике значення ER вказує на переважання симпатичної активності, тобто людина перебуває в стані психічного стресу, але якщо мале значення ER то це вказує на переважання парасимпатичної активності, тобто у людина повернеться в спокійний стан. [3]

1.3 Дихання

Другий фактор, який будемо розглядати - це частота дихання.

Ритм дихання забезпечується регулярним чергуванням рухів видиху і вдиху, коли обсяг грудної клітки збільшується з кожним вдихом (тобто вдихом) і зменшується з кожним видихом (тобто видихом). Кількість повітря при форсованому видиху становить 2,5-3 літри. А от при звичайному вдиху кількістю повітря становить 0,5 літра. Людина може видихнути 1 літр повітря, навіть якщо примусовий видих виконується в кінці звичайного видиху. В кінці примусового видиху в легенях все ще залишається 1,5 літра повітря, який не може повністю очистити їх. На малюнку показаний приклад сигналу дихання. [3]

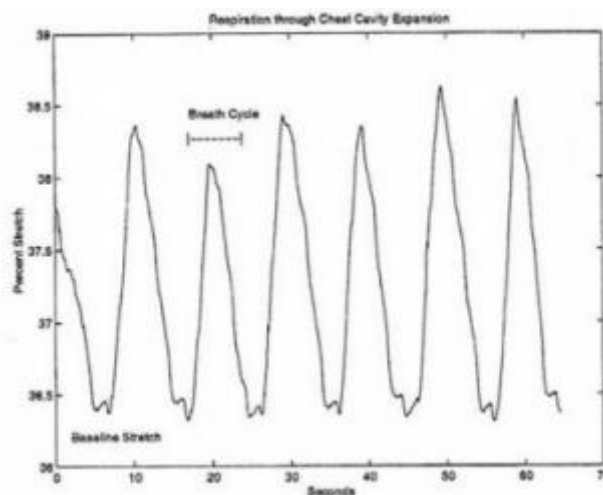


Рисунок 1.1 - показаний приклад сигналу дихання.

Зазвичай повільніше і поверхневе дихання виникає, коли людина перебуває в стані спокою і релаксації. Тим часом глибше дихання зазвичай викликається емоційним збудженням і фізичною активністю. Негативні емоції зазвичай викликають нерегулярне дихання. Таким чином, хоча стан стресу можна визначити за частим диханням, деякі стресори можуть призвести до миттєвої зупинки дихання. Отже, швидкість і об'єм дихання можна використовувати для визначення рівня стресу. [7] Однак, щоб контролювати дихання, випробуванним зазвичай потрібно носити пояс на грудях. У повсякденному житті це може перешкодити суб'єкту виконувати звичайні дії.

1.4 Електродермальна активність (EDA)

ЕДА також відома як шкірна провідність або шкірно-гальванічна реакція. ЕДА вимірює електричну провідність шкіри, яка збільшується, коли шкіра потіє. Ця діяльність є однією з найбільш часто використовуваних фізіологічних показників у психології, психофізіології та когнітивній неврології. Ця електрична активність шкіри значно змінюється в ситуаціях, коли суб'єкт перебуває в різних емоційних станах. На малюнку 1 показаний приклад сигналу ЕДА. [3]

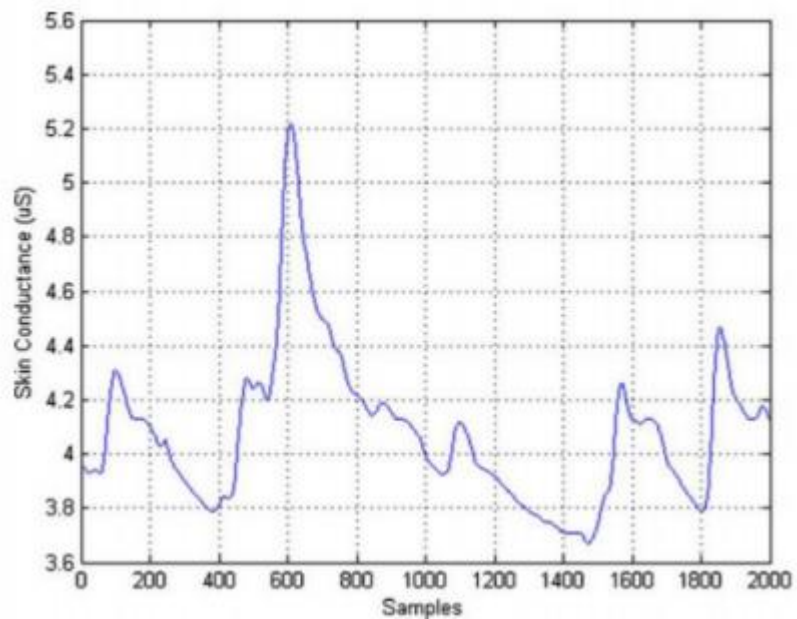


Рисунок 1.2 - приклад сигналу ЕДА.

Цей сигнал виявився хорошим показником стресу, чутливим до змін. Коли людина відчуває більший стрес, провідність його шкіри пропорційно збільшується. Це поліпшення провідності шкіри відбувається за рахунок потовиділення. Це потовиділення є результатом секреції потових залоз, які особливим чином реагують на емоційне збудження. [3]

1.5 Температура шкіри

Температура, виміряна на поверхні шкіри, змінюється залежно від кровопостачання шкіри. [3] У реальних умовах температуру шкіри можна виміряти, помістивши датчик на великий палець лівої руки. Зазвичай коливання температури шкіри пов'язані з розширенням периферичних кровоносних судин.

Це розширення пов'язане з підвищеною активністю симпатичної нервової системи. І ця зміна залежить від стану об'єкта. Якщо людина боїться, кров направляється до м'язів, що керують рухами тіла, таких як м'язи ніг, дозволяючи суб'єкту підготуватися до втечі. Ця реакція організму викликає низьку температуру в кінцівках тіла через звуження кровоносних судин. Дослідники виявили, що у людей температура шкіри обернено пропорційна стресу. Якщо випробуваний знаходиться в стані стресу, температура кінцівок його тіла знижується. [4] Це відбувається тому, що кров направляється в першу чергу до життєво важливих органів, таких як серце, печінка, легені та шлунок, для захисту. В результаті його пальці охолоджуються. Потім, коли випробуваний розслаблений, температура пальців підвищується. [5]

1.6 Електроенцефалографія (ЕЕГ)

Відомо, що нейронна активність у мозку виробляє електричні сигнали. Мозкові хвилі вимірюють електричну активність мозку шляхом реєстрації складних радіохвиль від шкіри голови, що утворюються під дією електричного потенціалу. Це вимірювання досягається шляхом розміщення електродів на поверхні голови, і для повної ЕЕГ потрібно більше 128 електродів. Сигнал електроенцефалограми характеризується різними частотними складовими, і кожна складова відповідає кільком окремим станам. У хвилі є 4 діапазони, кожен з яких називається бета-хвилею, альфа-хвилею, тета-хвилею та дельта-хвилею. Бета і альфа домінують, коли людина знаходиться в стані свідомості. Коли людина знаходиться в несвідомому стані, тета і дельта є домінуючими. Дослідження показали кореляцію між мозковою активністю та психічним стресом. Ми знаємо, що швидкі бета-хвилі є основною ознакою, яка вказує на те, що людина перебуває в стресі [8]. Модель дерева рішень була застосована для розпізнавання різних рівнів стресу за допомогою сигналів електроенцефалограми. Автори стверджували, що сигнали мозкових хвиль можуть містити більше інформації про рівень стресу, ніж артеріальний тиск або

частота серцевих скорочень. З іншого боку, в амбулаторних умовах інтерпретація сигналів ЕЕГ дуже складна.

1.7 Пульс об'єму крові (BVP)

Обсяг крові в такому випадку - це обсяг крові в судинах протягом певного проміжку часу, який є показником кровотоку по організму людини. Після кожного удару серця кров тече по судинах, наповнюючи їх, змінюючи кількість світла, що відбивається від поверхні шкіри. BVP вимірює ці зміни у відбитті світла. Це вимірювання досягається за допомогою плетизмографії фонового світла (PPG). На малюнку 1.3 ілюструє приклад PPG.

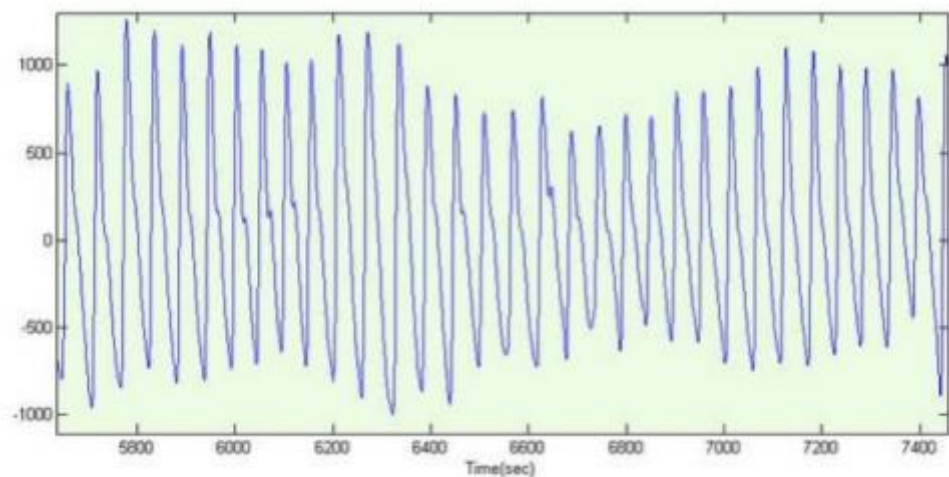


Рисунок 1.3 - ілюструє приклад PPG

PPG випромінює інфрачервоне або червоне світло на шкіру і вимірює кількість світла, відбитого її поверхнею. Ця кількість світла може надати інформацію про кількість крові, присутньої в зоні вимірювання. Датчики BVP знаходяться на поверхні шкіри і зазвичай не потребують клею або гелю. Він може бути розміщений в будь-якому місці тіла суб'єкта, де шкірні капіляри розташовані поблизу поверхні шкіри. Але при реальному використанні, в більшості випадків, PPG записується з пальця. Частоту серцевих скорочень можна виміряти, проаналізувавши зміни відбиття світла, зафіксовані PPG. Однак на це вимірювання впливає ряд неточностей, викликаних розміщенням і переміщенням датчика. Отже, вимірювання частоти серцевих скорочень за допомогою BVP може бути менш точним для оцінки варіабельності серцевого

ритму, ніж вимірювання за допомогою електрокардіограми. Дослідники виявили зворотну кореляцію між ВМР і стресом, що означає, що ВМР знижується в міру збільшення стресу у випробовуваних. Потім, коли суб'єкт повертається до спокійного стану, ВМР збільшується. [4] Це відбувається тому, що коли суб'єкт перебуває в стресі, частота серцевих скорочень збільшується і більше крові надходить до м'язів. Кров приливає до м'язів, готуючи їх до термінових дій, таким як боротьба або політ. Це означає, що приплив крові до кінцівок зменшується, і, як наслідок, зменшується приплив крові до пальців. У зв'язку з тим, що зниження ВМР корелює зі збільшенням стресу, ВМР використовується для вимірювання стресового стану людини. [3]

1.8 Аналіз методів

Розглянемо перший варіант оцінки стресу - анкетний опитувальник, а саме метод визначення стресостійкості та соціальної адаптації (автори Д. Холмс, К. Раге). Ця методика складається з 40 питань (цей перелік питань складається з подій, які відбулися з вами впродовж одного року) події які вказані в питаннях можуть бути різного характеру (тестування знаходиться у додатку А). Обробка результатів виглядає так: кожна подія оцінюється відповідною кількістю балів (правий стовпець у таблиці). Якщо подія повторилася кілька разів на рік, то відповідний бал необхідно помножити на кількість повторень. Потім усі набрані бали підсумовуються. Отриманий результат - міра життєвих змін - відбиває рівень стресу і водночас ступінь опірності стресу.

Ключ до методики має вигляд:

<i>Великий</i>	<i>ступінь</i>	<i>опірності</i>	<i>стресу.</i>
Ви виявляєте	дуже високий	рівень	стресостійкості.
Для Вас характерний	мінімальний	ступінь	стресового навантаження.
Будь-яка діяльність особистості,	незалежно від її спрямованості та характеру,	тим ефективніша,	чим вищий рівень стресостійкості. Це дає можливість
говорити про управлінську діяльність як таку,	що має сильний стресогенний		

характер. Підвищення рівня стійкості до стресів особистості прямо і безпосередньо веде до продовження життя. [9]

Високий ступінь опірності стресу
 Ви виявляєте високий ступінь стійкості до стресів. Ваші енергію та ресурси Ви не витрачаєте на боротьбу з негативними психологічними станами, що виникають у процесі стресу. Тому будь-яка Ваша діяльність, незалежно від її спрямованості та характеру, стає ефективнішою. Це дає можливість говорити про управлінську діяльність як таку, що має стресогенний характер. [9]

Пороговий (середній) ступінь опірності стресу
 Для Вас характерний середній ступінь стресового навантаження. Ваша стійкість до стресів знижується зі збільшенням стресових ситуацій у Вашому житті. Це призводить до того, що особистість змушена левову частку своєї енергії та ресурсів взагалі витратити на боротьбу з негативними психологічними станами, що виникають у процесі стресу. Це дає можливість говорити про управлінську діяльність як таку, яка мало носить стресогенний характер. Віруюча людина, як правило, більш стресостійка, завдяки своїй внутрішній здатності до духовного самообмеження і смиренності. [9]

Низький ступінь опірності стресу
 Для Вас характерний високий рівень стресового навантаження. Ви виявляєте низький ступінь стресостійкості (ранімість). Це призводить до того, що особистість змушена левову частку своєї енергії та ресурсів взагалі витратити на боротьбу з негативними психологічними станами, що виникають у процесі стресу. [9]

Розглянемо інший метод, який складається з 20 висловлювань, які ставитися до тривожності як стану (стан тривожності, реактивна або ситуативна тривожність) і з 20 висловлювань на визначення тривожності як диспозиції, особливості особистості (властивість тривожності). Отже ключ до цієї методики виглядає наступним чином:

Показник ситуативної (реактивної) тривожності розраховується за формулою:

$$PT = \sum 1 - \sum 2 + 35 \quad (1.2)$$

де $\sum 1$ – сума закреслених цифр по пунктах 3, 4, 6, 7, 9, 12, 13, 14, 17, 18; $\sum 2$ – сума закреслених цифр по пунктах 1, 2, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 19, 20. Якщо РТ не перевищує 30, то, особа, яку опитували, не відчуває особливої тривоги, тобто у неї в даний момент виявляється низька тривожність. Якщо сума знаходиться в інтервалі 31-45, то це означає помірну тривожність. [2] При 46 і більше - тривожність висока. Дуже висока тривожність (> 46) прямо корелює з наявністю невротичного конфлікту, з емоційними і невротичними зривами і з психосоматичними захворюваннями. Низька тривожність (< 12), навпаки, характеризує стан як депресивний, аreakтивний, з низьким рівнем мотивацій. Але іноді дуже низька тривожність у показниках тесту є результатом активного витіснення особою високої тривоги з метою показати себе в "кращому світлі". [2]

Недоліком першого методу - тестування є те що людина не завжди може правдиво або адекватно відповісти на питання, тому результат може бути досить розмитим і неточним, тому даний метод потрібно використовувати разом з одним з біометричних параметрів.

Розглянемо другий метод визначення рівня стресу, а саме оцінки біометричних даних. Було розглянуто декілька варіанті біометричних даних, наприклад дихання або серцевий ритм. Це пов'язано з тим, що сьогодні, за наявності відповідного обладнання, існують способи отримання персональних результатів за цим показником без особливих зусиль. Наприклад технічний засіб, що може виміряти серцевий ритм - Apple Watch. Для отримання детальних звітів за допомогою Apple Watch використовуються дані з застосунку Health. Застосунок використовує можливості монітора серцевого ритму. Що вища частота серцевих скорочень, то вищий рівень стресу. Звісно, це не обов'язково стрес, якщо у вас немає медичних показань, наприклад, тахікардії. Результати показують, що люди з вищою варіабельністю серцевого ритму менше схильні до стресу і загалом почувуються спокійнішими та

щасливішими. Крім частоти серцевих скорочень, аналізуються також показники сну й активності, що дає змогу використовувати ще більше даних для моделювання стресових ситуацій, підвищуючи точність результатів. Вчені припускають, що Apple Watch можна сміливо використовувати для лікування психічних захворювань. Тому навіть якщо в Apple Watch немає вбудованого застосунку для вимірювання стресу, можна використовувати сторонні рішення, що дають змогу уникнути стресу. Існує кілька корисних додатків для вимірювання рівня стресу на Apple Watch (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 - Apple Watch

Отже стрес за допомогою годинника вимірюється наступним чином:

- Одягніть годинник Apple Watch, але не затягуйте ремінець занадто сильно. Дихання має бути рівним, щоб трекер давав точніші результати.
- Займіть зручне положення: можна сидіти або стояти.
- Відкрийте застосунок "Вимірювання стресу" і почніть тест.
- Якщо ви використовуєте пристрій вперше, дотримуйтесь інструкцій на екрані для калібрування функції.
- Потім натисніть кнопку "Старт", щоб почати аналіз. Смартгодинник скануватиме частоту серцевих скорочень протягом 15-30 секунд, після чого додаток відобразить результати у вигляді балів. Що вищий показник, то гірший ваш стан.

Однак існує недолік такого пристрою. І перше що можна зауважити що є безліч потенційних чинників, які можуть впливати на фізіологічний стан

людини в природному середовищі, і необхідні подальші дослідження того, як застосовувати фізіологічне сприйняття стресу в природному середовищі та як на нього можуть впливати інші чинники, такі як розмова людей і фізичні вправи.

Висновки до розділу 1

У розділі було розглянуто усіх існуючі методи за допомогою, яких можна вимірювати рівень стресу. На основі дослідження було розглянуто два методи. Перший полягає у використанні методики анкетного типу, де учаснику потрібно заповнити анкети с питаннями й на основі отриманих відповідей відбувається підрахунок балів, за яким потім визначається рівень. Другий метод полягає у вимірюванні біометричних параметрів учасника, за якими потім також визначається рівень стресу.

Після ознайомлення було проведено аналіз сильних та слабких сторін обох методів оцінки стресу, а саме анкетні тестування й вимірювання біометричних показників. Аналіз показав що обидва методи мають свої недоліки та неточності в оцінці отриманих даних, і, отже можуть не якісно визначити психологічний стан людини. Тому це може дуже важливо підвищити саме якість отриманих результатів, адже кожна людин знаходиться під вплив стресу і коли він перевищує корисну норму, то погіршує фізичний і психологічний стан людини, що негативно впливає на її життя та здоров'я. Отже, після проведеного аналізу було прийняте рішення про обрання методики визначення пульсу та створити комбіновану систему оцінку рівнів стресу, яка буде поєднувати в собі й тестові методики та вимірювання пульсу, що допоможе отримати якісніші результати про стресовий стан людини.

РОЗДІЛ 2

СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМИ ОЦІНКИ РІВНІВ СТРЕСУ

Для оцінки рівня стресу буде запропонована наступна система оцінки та вимірювання. Розроблювана система зображена на структурній схемі на (рис 2.1).

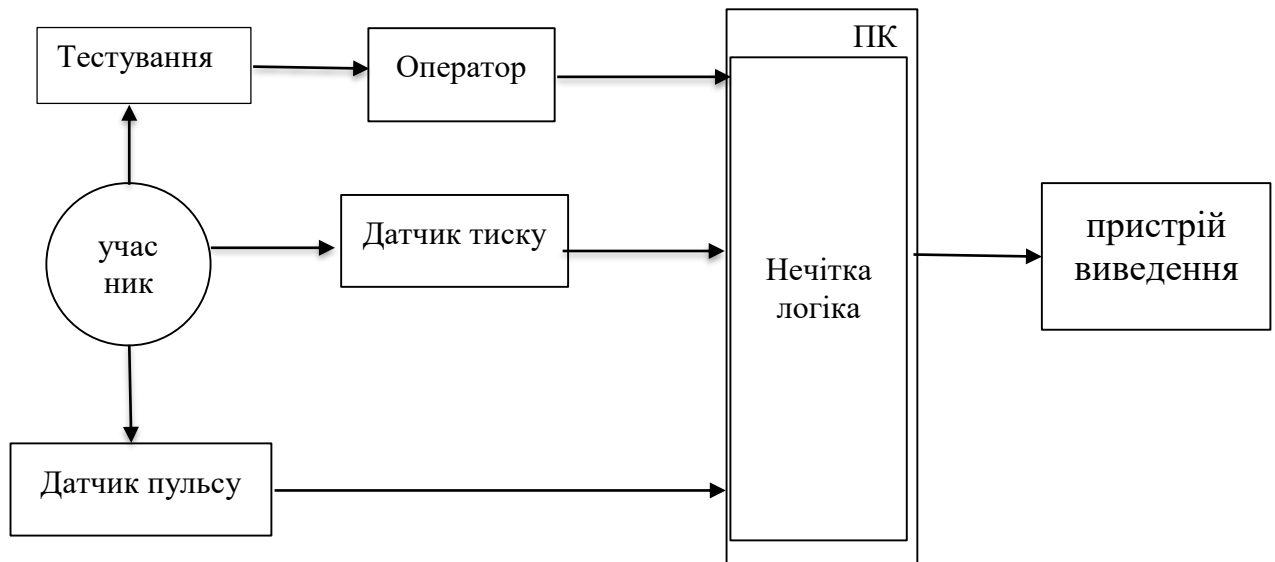


Рисунок 2.1 - Структурна схема системи

Запропонована система складається з декількох етапів. Перший етап містити використання методики анкетного типу і датчику вимірювання пульсу та датчик тиску. Другий етап складається в оцінки отриманих результатів для цього буде використовуватися нечітка логіка. Рішення ухвалюється за допомогою системи нечіткої логіки, яка може ухвалювати остаточне рішення на інтервальному значенні вхідних величин. Оптимальність використання такої системи зумовлена складністю прогнозування змін чинників, що впливають, і зв'язків між ними.

Отже, перший етап системи виглядає наступним чином: спочатку в спокійній атмосфері учасник дослідження має пройти анкетне тестування, яке складається з одного блоку у якому 40 питань (цей перелік питань складається з подій, які відбулися впродовж одного року) події які вказані в питаннях можуть

бути різного характеру(наприклад:Зміна в стані здоров'я членів родини, Зміна місця навчання, Відпустка, Різдво, зустріч Нового року, День народження).Після проходження тестування бланк з відповідями передається оператору, який обробляє отримані результати за допомогою ключа методики, після оцінки оператор вводить дані після обробки до комп'ютера. Під час досліду учасник отримує датчик вимірювання пульсу та датчик тиску, ці пристрої одягаються учасником на руку і вимірює пульс та тиск людини під час проходження тестування. Отримані дані про стан людини надсилаються до комп'ютера, де буде відбуватися подальша оцінка рівня стресу. Комп'ютер своєю чергою використовує отримані дані від оператора і дані з датчиків аналізує їх за допомогою системи нечіткої логіки. [10]

Система прийняття рішень в першому наближенні складається з двох частин:

1. Перша частина - блок попередньої обробки вхідних даних, в якому використовується тільки класична (чітка) логіка.

2. Друга частина - блок системи нечіткого виведення. Тут використовується тільки апарат нечіткої логіки. [10]

Процедура прийняття рішень за допомогою нечіткої логіки складається з трьох етапів:

- блок фазифікаці
- блок рішень
- блок дефазифікації

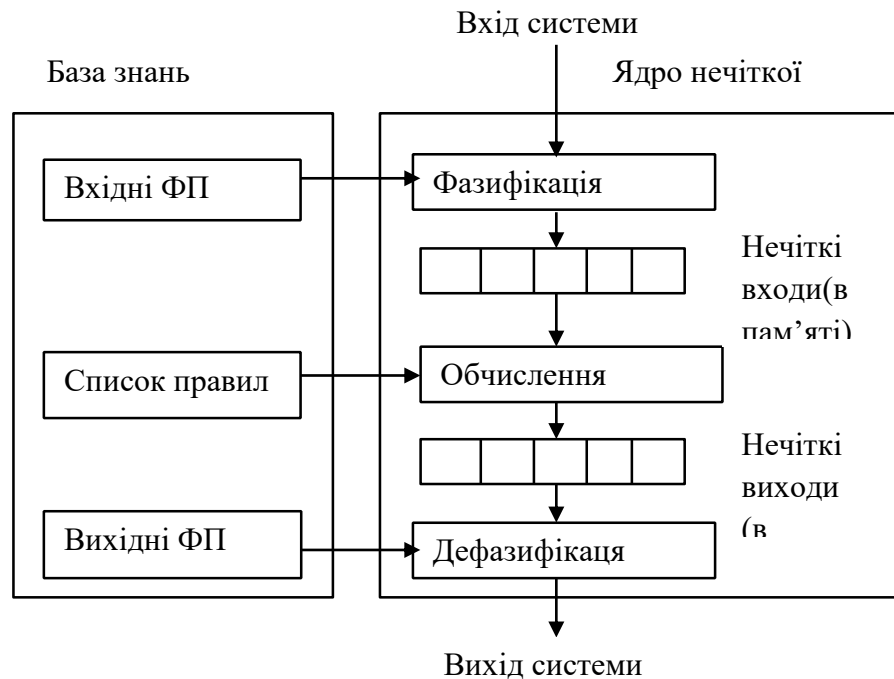


Рисунок 2.2 - Система нечіткого логічного виводу

Блок фазифікації перетворює виразні значення, виміряні на виході об'єкта управління, на нечіткі значення, описувані лінгвістичними змінними бази знань. Алгоритм роботи системи нечіткої логіки заснований на використанні лінгвістичних змінних (ЛЗ). Кожна ЛЗ має бути додатково розбита на кілька лінгвістичних термів (ЛТ), які характеризують деталі стану цієї ЛЗ. Як правило, ЛЗ складається з трьох-п'яти ЛТ.

Кожен ЛТ має одну функцію приналежності (ФП). Ця функція характеризує ступінь надійності концепції, що відповідає ЛТ, залежно від поточних значень вимірюваних параметрів. [11]

Блок ухвалення рішень використовує нечіткі похідні правила (if-then), що зберігаються в базі знань, для перетворення нечітких вхідних даних на необхідні керівні впливи, які також є нечіткими. Для обчислення правил використовують нечіткі вхідні дані, отримані від блоку фаз, і правила, що зберігаються в базі знань.

Система з НЛ повинна мати базу правил, яка, по суті, являє собою емпіричні знання експерту про механізм управління. Правило будується за наступним шаблоном:

ЯКЩО $[x - \text{це } A_1]$, ТО $[\text{вихід } B_1]$ або

ЯКЩО $[x - \text{це } A_1]$ і ... і $[x - \text{це } A_N]$, ТО $[\text{вихід } B_1]$, ..., $[\text{вихід } B_k]$,

де x – вхідна величина, A_1, \dots, A_N – ЛТ, що належать різним вхідним ЛЗ, B_1, \dots, B_k – ЛТ, що належать різним вихідним ЛЗ. [12]

Для обчислення послідовностей нечіткого виведення розроблено низку стратегій, найпоширенішими з яких є метод Сугено та метод Цукамото та метод Мамдані. Розглянемо кілька алгоритмів ухвалення рішень нечіткої логіки.

2.1 Алгоритм Мамдані

Алгоритм примітний тим, що він працює за принципом «чорної скриньки». На вхід надходять кількісні значення, на виході вони. На проміжних етапах використовується апарат нечіткої логіки та теорія нечітких множин. У цьому полягає елегантність використання нечітких систем. Можна маніпулювати звичними числовими даними, але використовувати гнучкі можливості, які надають системи нечіткого виведення.

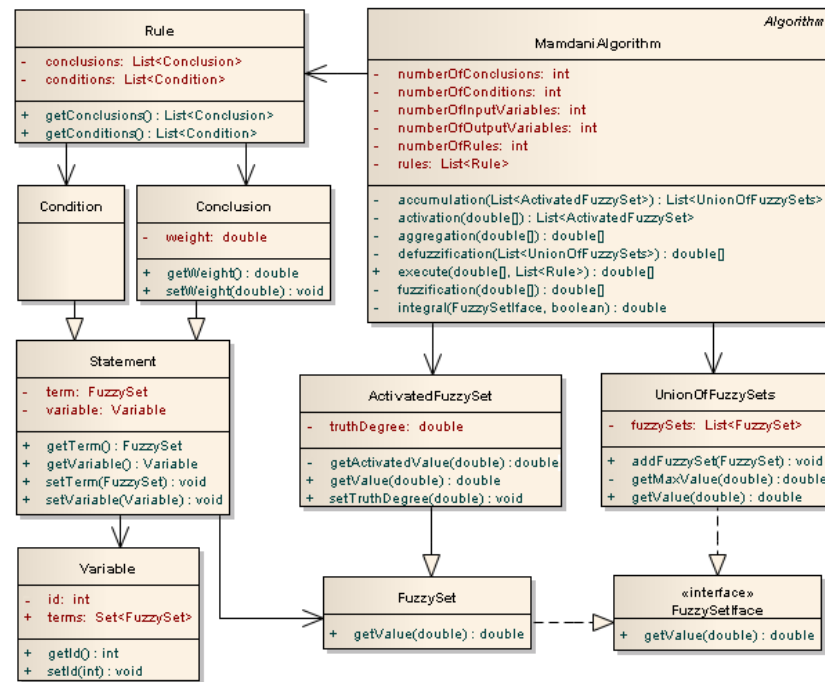


Рисунок 2.3 - Діаграма класів реалізації алгоритму Мамдані

Правила (Rule) складаються з умов (Condition) та висновків (Conclusion), які своєю чергою є нечіткими висловлюваннями (Statement). Нечітке висловлювання включає лінгвістичну змінну (Variable) і терм, який представлений нечіткою безліччю (FuzzySet). На нечіткій множині визначено функцію належності, значення якої можна отримати за допомогою методу `getValue()`. Це метод, визначений в інтерфейсі **FuzzySetInterface**. При виконанні алгоритму необхідно буде скористатися «активізованою» нечіткою множиною (**ActivatedFuzzySet**), яка певним чином перевизначає функцію приналежності нечіткої множини (**FuzzySet**). Також в алгоритмі використовується об'єднання нечітких множин (**UnionOfFuzzySets**). Об'єднання також є нечіткою безліччю, і тому має функцію приналежності (визначену **FuzzySetInterface**).

Алгоритм Мамдані (**MamdaniAlgorithm**), включає всі етапи (рис. 3) і використовує базу правил (`List<Rule>`) як вхідних даних. Також алгоритм передбачає використання «активізованих» нечітких множин (**ActivatedFuzzySet**) та їх об'єднань (**UnionOfFuzzySets**). Отже, етапи нечіткого виведення

виконуються послідовно. І всі значення, набуті на попередньому етапі, можуть використовуватися на наступному.

Формування бази правил

База правил - це безліч правил, де кожному підв'язненню зіставлений певний ваговий коефіцієнт.

База правил може мати такий вигляд (для прикладу використовуються правила різних конструкцій):

RULE_1: IF «Condition_1» THEN «Conclusion_1» (F_1) AND «Conclusion_2» (F_2);

RULE_2: IF «Condition_2» AND «Condition_3» THEN «Conclusion_3» (F_3);

...

RULE_n: IF «Condition_k» THEN «Conclusion_(q-1)» (F_{q-1}) AND «Conclusion_q» (F_q);

Де F_i - вагові коефіцієнти, що означають ступінь упевненості в істинності одержуваного підскладання ($i = 1..q$). За замовчуванням ваговий коефіцієнт приймається рівним 1. Лінгвістичні змінні, присутні в умовах, називаються вхідними, а в висновках вихідними.

n - число правил нечітких продукцій (numberOfRules).

m - у вхідних змінних (numberOfInputVariables).

s — кількість вихідних змінних (numberOfOutputVariables).

k — загальна кількість умов у основі правил (numberOfConditions).

q - загальна кількість підзаключень в базі правил (numberOfConclusions).

Логічний висновок, згідно з алгоритмом Мамдані, здійснюється за такі шість етапів[14]:

1. Формування бази правил систем нечіткого виводу у наступному вигляді:

ПРАВИЛО <1>: ЯКЩО $(x \in A_1 \mid y \in B_1)$, ТО, $z = C_1$,

ПРАВИЛО <2>: ЯКЩО $(x \in A_2 \mid y \in B_2)$, ТО, $z = C_2$, (2.1)

де x_1, x_2 – вхідні лінгвістичні змінні;

z – вихідна лінгвістична змінна;

$A_1, A_2, B_1, B_2, C_1, C_2$ – функції належності, визначені відповідно на x, y, z .

2. Введення нечіткості (фазифікація). Функції належності, що визначені на вхідних змінних x_0, y_0 , застосовуються до їх фактичних значень $\mu_{A_1}(x_0), \mu_{A_2}(x_0), \mu_{B_1}(y_0), \mu_{B_2}(y_0)$ для визначення функції належності для кожного правила.

3. Агрегування передумов у нечітких продукційних правилах. Парні операції нечіткої логіки використовуються для визначення ступеня істинності кожної умови в правилі нечіткої продукції:

$$C_1 = \min\{\mu_{A_1}(x_0), \mu_{B_1}(y_0)\}, C_2 = \min\{\mu_{A_2}(x_0), \mu_{B_2}(y_0)\} \quad (2.2)$$

Ті правила, ступінь істинності умов яких відмінна від нуля, вважаються активними і використовуються для подальших розрахунків. [14]

4. Активізація висновків нечітких правилах продукцій. Здійснюється за формулою $\mu(z) = \min\{C_i, \mu(z)\}$ коли функція належності виведення «відсікається» по висоті відповідно обчисленої функції належності передумови правила (нечітка логіка «I»):

$$C_1'(z) = (c_1 \cdot C_1(z)), C_2'(z) = (c_1 \cdot C_2(z)) \quad (2.3)$$

При цьому для скорочення часу виведення враховуються тільки активні правила нечітких продукцій. [14]

5. Накопичення висновків нечітких продукційних правил. Всі нечіткі підмножини, отримані для кожної вихідної змінної (у всіх правилах), об'єднуються, щоб сформувати одну нечітку підмножину для кожної вихідної змінної. Для цього типу злиття використовуються операції.

$$\begin{aligned} \max : \mu_{\Sigma}(z) &= C_1'(z) \cup C_2'(z) \\ \text{або} \\ \text{sum} : \mu_{\Sigma}(z) &= (C_1'(z) \cup C_2'(z)) / (C_1'(z) \cap C_2'(z)) \end{aligned} \quad (2.4)$$

6. Уточнення (дефаззифікація). Цю процедуру використовують, коли нечітку вихідну множину потрібно перетворити на певні числа; найпоширенішим методом дефаззифікації для моделей Мамдані є метод центроїда, коли певні значення вихідних змінних визначаються як центр ваги кривої. $\mu_{\Sigma}(z)$

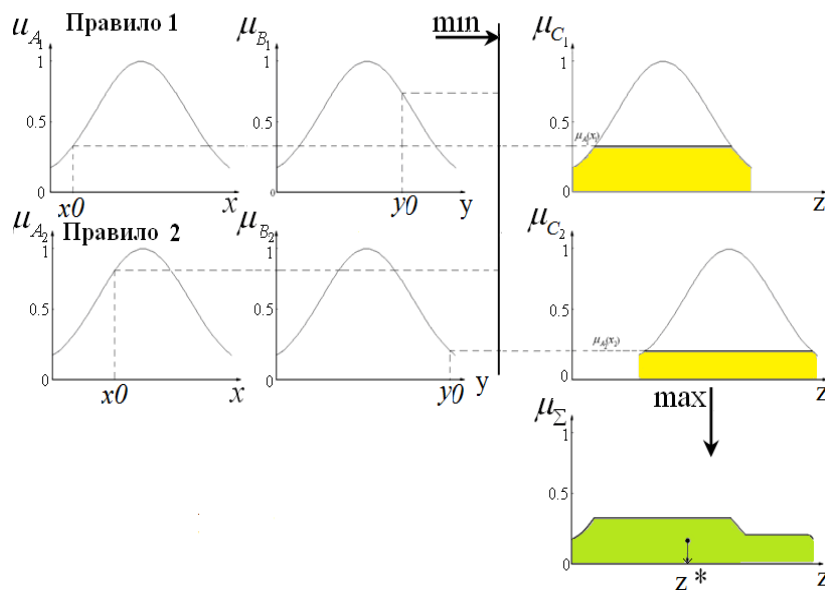


Рисунок 2.4 - Процедура логічного висновку Мамдані

2.2 Алгоритм Цукамото (Tsukamoto)

Формально алгоритм Цукамото може бути визначений таким чином. [15]

- Формування системи нечіткого виводу на основі правил. Особливості формування на основі правил такі ж самі, як описані вище в описі цього етапу.
- Фазифікація вхідних змінних. Особливості фазифікації такі ж самі, як описані вище в описі цього етапу.
- Агрегування передумов нечітких правил. Для знаходження істинності умов всіх правил нечіткої генерації використовуються попарні операції нечіткої логіки. Такими правилами є.
- Активація часткових висновків у нечітких продукційних правилах. Це здійснюється за формулою, яка використовується для знаходження множини нечітких множин: $C_1 \dots, C_q$, де q - кількість часткових висновків у базі правил. C_q , де q - загальна кількість часткових висновків у базі правил.
- Накопичення висновків нечіткого продукційного правила. Виконується за формулою, яка об'єднує нечіткі множини, що відповідають умовам підвисновків, які відносяться до однієї і тієї ж вихідної лінгвістичної змінної.
- Дефазифікація вихідних змінних. Може бути використаний будь-який з перерахованих вище методів дефазифікації. [15]

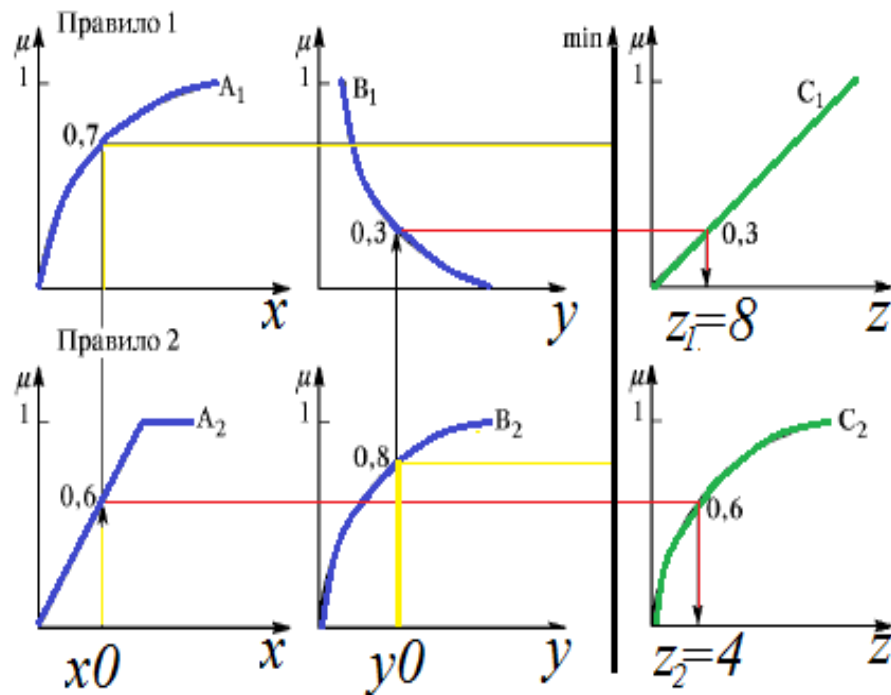


Рисунок 2.5 - Алгоритм Цукamoto

2.3 Алгоритм Сугено (Sugeno)

Формально алгоритм Сугено, запропонований Сугено і Такагі, може бути визначений таким чином. [14]

- Формування бази правил систем нечіткого виведення. У базі правил використовуються тільки правила нечітких продукцій у формі:

ПРАВИЛО $\langle \# \rangle$: ЯКЩО " $\beta_1 \in \alpha$ " І " $\beta_2 \in \alpha$ " ТО " $w = \varepsilon_1 \cdot a_1 + \varepsilon_2 \cdot a_2$ ".

Тут $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – деякі вагові коефіцієнти. При цьому значення вихідної змінної w у висновку визначається як деяке дійсне число.

- Фазифікація вхідних змінних. Особливості фазифікації співпадають з розглянутими вище при описі даного етапу.
- Агрегація підумов в нечітких правилах продукцій. Для знаходження ступеню істинності умов всіх правил нечітких продукцій, як правило, використовується логічна операція \min -кон'юнкції. Ті правила, ступінь

істинності умов яких відмінна від нуля, вважаються *активними* і використовуються для подальших розрахунків.

- Активізація підвисновків в нечітких правилах продукцій. По-перше, з використанням методу знаходяться значення ступенів істинності всіх висновків правил нечітких продукцій. Подруге, здійснюється розрахунок звичайних (не нечітких) значень вихідних змінних кожного правила. Це виконується з використанням формули для висновку, в яке замість a_1 і a_2 підставляються значення вхідних змінних до етапу фазифікації. Тим самим визначаються множина значень $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ і множина значень вихідних змінних $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, де n – загальна кількість правил в базі правил.
- Акумуляція висновків нечітких правил продукцій. Фактично відсутня, оскільки розрахунки здійснюються із звичайними дійсними числами w_j .
- Дефазифікація вихідних змінних. Використовується модифікований варіант у формі методу центру тяжіння для одноточкових множин. [14]

$$y = \frac{a_1 y_1 + a_2 y_2}{a_1 + a_2} \quad (2.5)$$

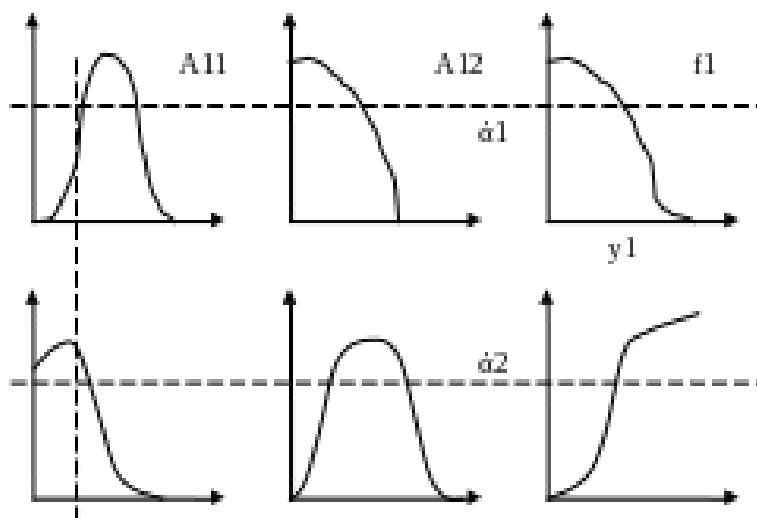


Рисунок 2.6 - Алгоритм Сугено

2.4 Алгоритм Ларсена

Алгоритм Ларсена подібний до алгоритма Мамдамі, з тією лише різницею, що на етапі композиції усічені функції приналежності визначаються з використанням методу prod-композиції (оператора множення). Таким чином, вихідні терми нечіткої змінної визначаються наступним чином.

Формально алгоритм Ларсена може бути визначений таким чином. [14]

1. Формування бази правил системи нечіткого виведення. Характеристики формування бази правил відповідають тим, що описані вище в описі цього етапу.
2. Фазифікація вхідних змінних. Особливості фазифікації також відповідають описаним вище в описі цього етапу.
3. Агрегування передумов у нечітких продукційних правилах. Пара операцій нечіткої логіки використовується для знаходження ступенів істинності умов у всіх нечітких продукційних правилах (зазвичай це максимальна та мінімальна логічна сума). Правила з ненульовими ступенями істинності вважаються дійсними і використовуються для подальших обчислень.
4. Активізація висновків в нечітких правилах продукцій. Здійснюється використанням формули $\mu(z) = c_i \cdot \mu(z)$ за допомогою чого знаходиться сукупність нечітких множин: $C_1, C_2, C_3 \dots C_q$ де q – загальна кількість висновків в базі правил.
5. Акумуляція висновків нечітких правил продукцій. Здійснюється за формулою
$$\mu_{\Sigma}(z) = \bigcup_{i=1}^n \{c_i, C_i(z)\}$$
 для об'єднання нечітких множин, що відповідають термам висновків, які відносяться до одних і тих самих вихідних лінгвістичних змінних.
6. Дефазифікація вихідних змінних. Може використовуватися будь-який з методів дефазифікації.

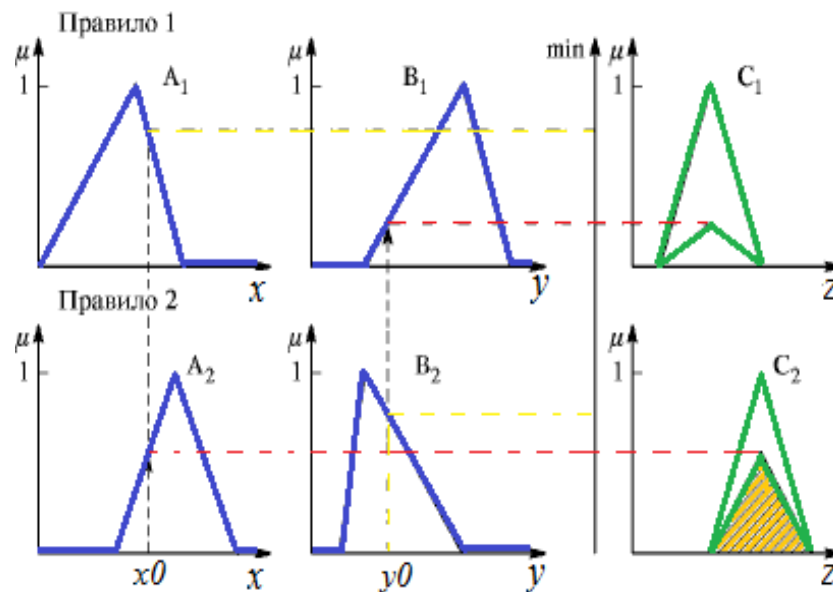


Рисунок 2.7 - Алгоритм Ларсена

Блок дефаззифікації перетворює нечіткі дані з виходу блока ухвалення рішень в однозначні значення, які використовують для керування об'єктом. Заключним етапом алгоритму НЛ є дефаззифікація, тобто перетворення нечіткої інформації, що міститься у вигляді довірчих значень для лінгвістичних термінів, в однозначні значення. У цьому й полягає процес дефаззифікації. Дефаззифікацію проводять над формою, отриманою в результаті додавання всіх ФП вихідного терміна ЛВ, причому виноситься тільки нижня частина ФП (до його розрахункового значення впевненості).[13]

В даний час розроблено багато алгоритмів дефаззифікації, але найбільш часто використовуються метод центру тяжіння, методи лівого і правого найбільшого максимуму, метод центру області.

У роботі оцінка результатів буде відуватися за алгоритмом Мамдані, який є найоптимальнішим для використання. Максимальні похибки спостерігаються на початку та в кінці інтервалу для аргумента x . Для більшості значень аргументу відносна похибка не перевищує 0,3 %. Як бачимо, зі збільшенням кількості функцій належності значення відносної похибки для лінійних функцій зменшується. Крім того, зі збільшенням діапазону значень аргументу значення похибки стають меншими, ніж на початку та в кінці діапазону.

У датчика пульсу похибки виглядають наступним чином:

- SpO₂: Діапазон виміру: від 70% до 99%
- Точність $\pm 2\%$ у діапазоні від 80% до 99%; $\pm 3\%$ у діапазоні від 70% до 80%;
- Частота пульсу: Діапазон вимірювання від 30 до 235 ударів за хвилину
- Точність ± 2 удари на хвилину або $\pm 2\%$ (більше значення)

У датчика тиску похибки виглядають наступним чином: ± 3 мм рт.ст.

Після оцінки результатів даних з методики та отриманих даних датчику пульсу за допомогою нечіткої логіки, отримуємо результат оцінки у вигляді рівнів стресу в яких знаходиться людина, цей результат виводиться на пристрій виведення, тобто екран, після даних учаснику буде запропоновано відвідати лікаря при високому рівні стресу і при нижчих рівнях будуть рекомендовані більш прості методи зниження стресу

Висновки до розділу 2

У розділі було розроблено структурну схему створюваної системи оцінки рівня стресу. Також було описано принцип за яким буде працювати система. Для покращення оцінки даних, ми маємо досліджувати їх з точки правильності та точності, тому було прийняте рішення, що будемо використовувати нечітку логіку, яка дає змогу при широкій вибірці отримати найбільш точні результати оцінки рівнів стресу. Тому у розділі було розглянуто наявні алгоритми нечіткої логіки. Після дослідження кожної зі стратегій системи нечіткої логіки, було вирішено у подальшій роботі використовувати алгоритм Мамдані для оцінки отриманих результатів з датчика пульсу та анкетного тестування.

РОЗДІЛ 3

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА СИСТЕМИ ТА АЛГОРИТМИ ЇЇ РОБОТИ

Функціональна схема розробляємої системи зображена на рисунку 3.1

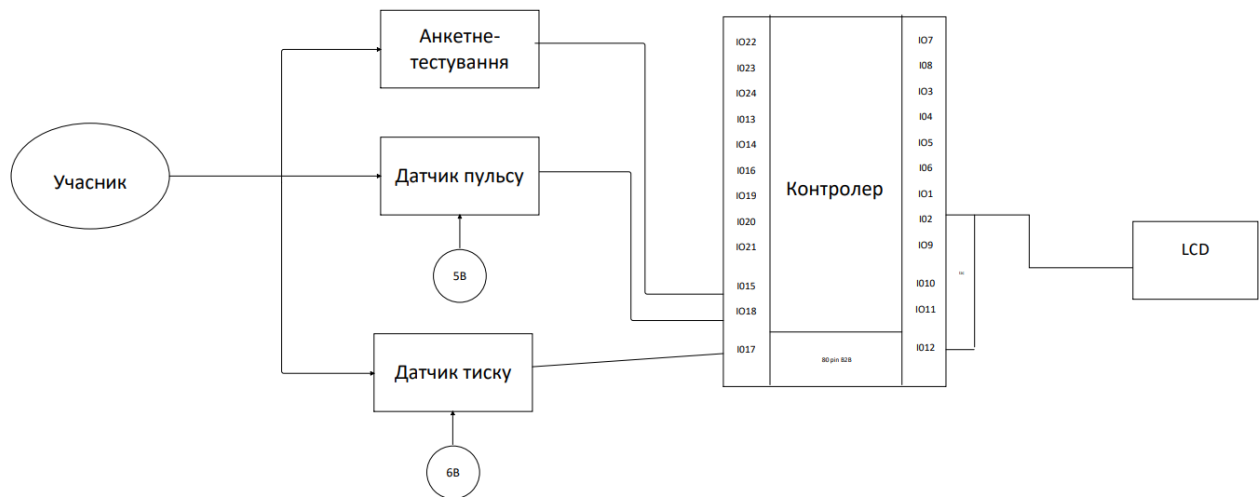


Рисунок 3.1 - Функціональна схема

Розглянемо, яким як відбувається взаємодія в запропонованій системі. Спочатку наш учасник одягає на руку браслет з датчиком пульсу та тиску за допомогою якого ми будемо відстежувати зміни у серцевому ритмі нашого учасника. Наступний крок у системі це проходження саме тестування під час якого датчик пульсу та датчик тиску буде збирати та надсилати дані про рівень пульсу та тиску за допомогою системи блютуз до комп'ютера де подальше буде відбуватися оцінка отриманих вхідних даних від тестування та з пульсометра. Для аналізу даних буде використовуватися нечітка логіка. Виводити отриманий результат будемо за основними правилами виводу нечіткої логіки. Концепція нечітких міркувань посідає центральне місце в нечіткій логіці та нечіткій теорії управління. Цей процес охоплює всі основні поняття теорії множин, такі як функції приналежності, лінгвістичні змінні та методи нечіткої імплікації. Існує кілька етапів розроблення та застосування нечітких систем виведення, реалізація яких заснована на положеннях нечіткої логіки.

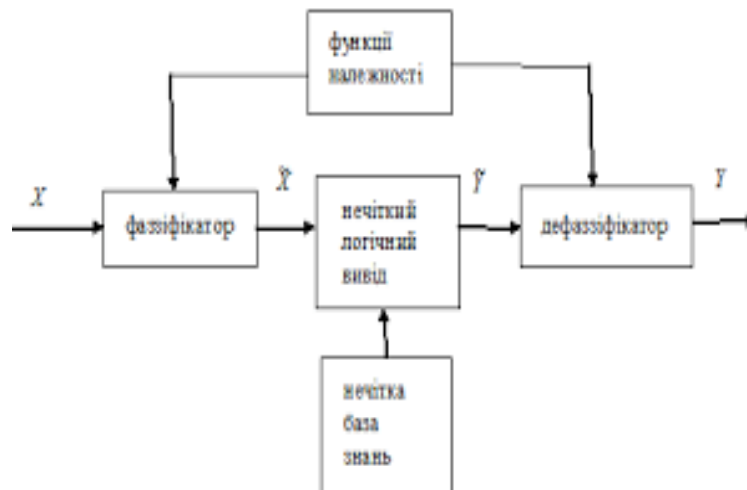


Рисунок 3.2 -Система нечіткого логічного виведення

Композиційне правило виведення Заде формулюється таким чином: якщо відомо нечітке відношення \tilde{R} між вхідними (x) і вихідний (y) змінними, то при нечіткому значенні вхідної змінної $x = \tilde{A}$, нечітке значення вихідної змінної визначається так: $y = \tilde{A} \circ \tilde{R}$, де \circ - максмінна композиція.[16]

3.1 Алгоритм роботи системи

Перед початком роботи системи відбувається підготовчий етап, на якому за день до проходження тестування, в учасника збирається анамнез про можливих подразників, що можуть призвести до збою роботи системи. Після обробки отриманих результатів відбувається робота з підготовки приміщення та інших частин системи для роботи з учасником, це означає усунення всіх можливих факторів ризику появи стресу в учасника дослідження. Після підготовчого етапу починаються два основні. Робота системи виглядає наступним чином людина знаходиться у кімнаті зі комфортною та спокійною атмосферою. Далі учасник отримує датчик вимірювання частоти пульсу та тиску, який потрібно одягнути на руку та виміряти серцебиття та також тиск людини у спокійному стані. Після людина отримує анкету, яка складається з 40 питань, тобто з одного блоку питань, які можуть бути наступними: чи була відпустка, святкували День народження або відбулося розлучення, народження дитини,

вихід на пенсію, зміна місця проживання. У бланку потрібно вибирати події, які відбувалися з учасником, біля кожного питання є відповідна кількість балів, які потім будуть підраховуватися оператором відповідно до вибраних варіантів учасником. На відповіді дається одна година часу, за яку ми фіксуємо датчиками частоту серцебиття людини й тиск під час заповнення анкетного тестування. Після закінчення часу бланк з відповідями передається оператору, підраховує бали біля події, якщо події повторюються, то бали множимо на кількість разів, скільки відбувались події, після оператор розшифровує результат за ключем методики та потім вручну вводить дані до комп'ютера. А отриману інформацію з датчиків за допомогою блютузу передаємо до комп'ютера, де буде відбуватися подальше оцінювання результатів за допомогою системи нечіткої логіки. Алгоритм роботи системи оцінювання стресу зображено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 - Алгоритм роботи системи визначення рівня стресу

У системі буде використовуватися датчик вимірювання пульсу й тиску, а саме Фітнес-браслет Xiaomi Mi Smart Band.[17]



Рисунок 3.4 - Фітнес-браслет Xiaomi Mi Smart Band

Параметри пристрою, що використовується:

- Бренд: Xiaomi
- Тип: Фітнес-браслет
- Сумісність: iOS, Android
- Пульсометр: є
- Пульсоксиметр (SpO2): + (Оптичний)
- Дисплей, тип: AMOLED
- Форма дисплею: овальний
- Діагональ: 1,62
- Роздільна здатність: 490x192
- Сенсорний: є
- Захисне покриття дисплея: скло
- Розміри корпусу, мм: 46,5x20,7x12,25
- Матеріал корпусу: пластик

- Колір корпусу: чорний
- Пило/вологозахист: + (5 АТМ)
- Вага, г: 13,5
- Тип акумулятора: вбудований
- Ємність, мАгод: 180
- Час роботи (типове використання): до 14 днів
- Bluetooth: + (5.2)
- Точність виміру тиску +/- 3.0
- Діапазон вимірювання від 40 до 260 ударів за хвилину
- SpO2: Діапазон виміру: від 70% до 99%
- Точність $\pm 2\%$ у діапазоні від 80% до 99%; $\pm 3\%$ у діапазоні від 70% до 80%;
- Частота пульсу: Діапазон вимірювання від 30 до 235 ударів за хвилину
- Точність ± 2 удари на хвилину або $\pm 2\%$ (більше значення)

3.2 Метод оцінки рівнів стресу

Спочатку отримуємо значення від анкетного формату системи та первинні результати частоти серцебиття й тиску. Після отримані дані від датчика пульсу й тиску та тестування, які вже оцінили за допомогою ключа методики обробляються комп'ютером за алгоритмом прийняття рішень системою нечіткої логіки. Після цього отримані дані порівнюються з завчасно визначеними критеріями прийняття рішень щодо подальшої роботи з визначеним рівнем стресу.



Рисунок 3.5 - Алгоритм запропонованого методу оцінки стану стресу

З алгоритму видно, що отримали інформацію про всі вхідні параметри системи, а саме частота пульсу й тиску та відповідей від тестування. Усю отриману інформацію оцінює комп'ютер за допомогою системи прийняття рішень на основі нечіткої логіки. Після отримання вхідних параметрів система

вибирає алгоритм за яким буде відбуватися подальший аналіз даних. Далі будуються правила нечіткої логіки на основі яких будемо оцінювати отриману інформацію. За отриманим результатом комп'ютер видає дані оцінки за яким потім визначається наявний стан стресу людини. Після надається список рекомендації за допомогою якого можна понизити виявлений рівень стресу.

Розроблений метод допомагає мінімізувати втручання операторів в роботу оцінювання, та також дозволяє оптимізувати сам процес визначення рівня стресу.

3.3 Структура системи прийняття рішень з використанням нечіткої логіки

Система прийняття рішень в першому наближенні складається з двох частин:

1. Перша частина - блок попередньої обробки вхідних даних, в якому використовується тільки класична (чітка) логіка.

2. Друга частина - блок системи нечіткого виведення. Тут використовується тільки апарат нечіткої логіки. [1]

Процедура прийняття рішень за допомогою нечіткої логіки складається з трьох етапів: фазифікації, обчислення правил і дефазифікації.

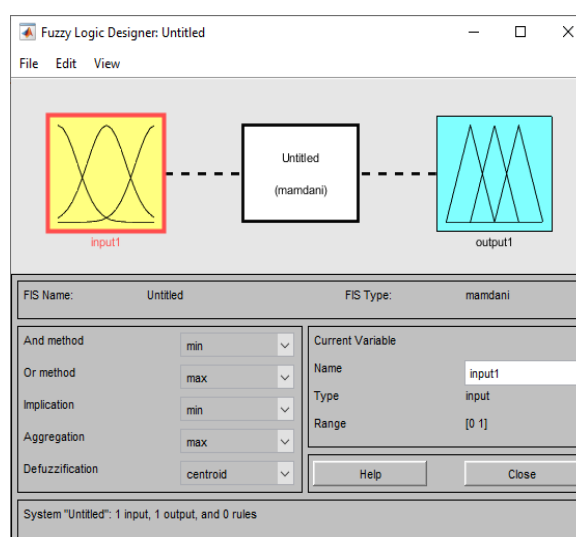


Рисунок 3.6 - Система прийняття рішень в MathLab FuzzyLogic

Фазифікація. Точні значення вхідних змінних перетворюються на значення лінгвістичних змінних за допомогою застосування деяких положень теорії нечітких множин, а саме – за допомогою певних функцій належності. Розглянемо цей етап докладніше. Насамперед введемо поняття «лінгвістичної змінної» та «функції належності».

У нечіткій логіці значення будь-якої величини видаються не числами, а словами природної мови та називаються Термами. Як мовилося раніше, приналежність кожного точного значення одному з термів лінгвістичної змінної визначається у вигляді функції приналежності. Підіб'ємо деякий підсумок етапу фазифікації. Для кожного терма взятої лінгвістичної змінної знайти числове значення або діапазон значень, які найкраще характеризують даний терм. Оскільки це значення чи значення є «прототипом» нашого терму, то їм вибирається одиничне значення функції приналежності. Після визначення значень з одиничною приналежністю необхідно визначити значення параметра із приналежністю «0» до даного терму. Це значення може бути вибрано як значення з належністю «1» до іншого терму у складі визначених раніше. Після визначення екстремальних значень необхідно визначити проміжні значення. Їх вибираються П- чи Л-функції у складі стандартних функцій власності. Для значень, що відповідають екстремальним значенням параметра, вибираються S або Z функції приналежності.

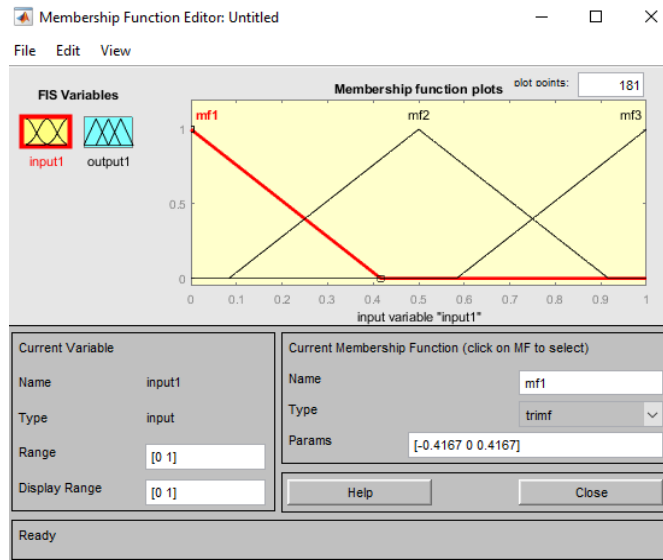


Рисунок 3.7 – Лінгвістичні змінні на вході нечіткої логіки в MathLab FuzzyLogic

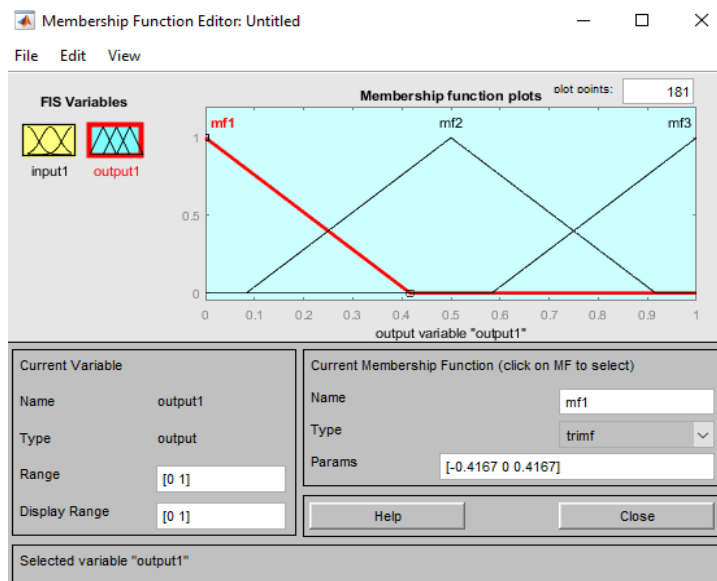


Рисунок 3.8 – Лінгвістичні змінні на виході нечіткої логіки в MathLab FuzzyLogic

Обчислення правил. На цьому етапі визначаються продукційні правила, що пов'язують лінгвістичні змінні. Сукупність таких правил описує стратегію управління, застосовувану у цій задачі. Більшість нечітких систем використовують продукційні правила для опису залежностей між лінгвістичними змінними. Типове продукційне правило складається з антецедента (частина ЯКЩО...) та консеквенту (частина ТО...). Антецедент

може містити більше однієї посилки. У цьому випадку вони поєднуються за допомогою логічних зв'язок І/АБО. Процес обчислення нечіткого правила називається нечітким логічним висновком і поділяється на два етапи: узагальнення та висновок. На першому етапі логічного висновку необхідно визначити ступінь належності всього антецедента правила. Для цього в нечіткій логіці існують два оператори: MIN (...) та MAX (...). Перший обчислює мінімальне значення ступеня власності, а другий - максимальне значення. Коли застосовувати той чи інший оператор, залежить від того, яким зв'язуванням з'єднані посилки у правилі. Якщо використана зв'язка І, застосовується оператор MIN (...). Якщо посилки об'єднані зв'язкою АБО, необхідно застосувати оператор MAX (...). Ну а якщо в правилі лише одна посилка, оператори зовсім не потрібні. Наступним кроком є власне висновок чи висновок. Подібним чином за допомогою операторів MIN/MAX обчислюється значення консеквента. Вихідними даними є обчислені на попередньому етапі значення ступенів належності антецедентів правил.

Після виконання всіх кроків нечіткого виведення ми знаходимо нечітке значення змінної, що управляє. Щоб виконавчий пристрій зміг відпрацювати отриману команду, необхідний етап управління, на якому ми позбавляємося нечіткості й називається дефазифікацією.

Найбільш часто база правил представляється в формі структурованого тексту [14]:

ПРАВИЛО_1: ЯКЩО «умова_1, ТО висновок_1» (F1),

ПРАВИЛО_2: ЯКЩО «умова_2, ТО висновок_2» (F2),

...

ПРАВИЛО_n: ЯКЩО «умова_n, ТО висновок_n» (F3),

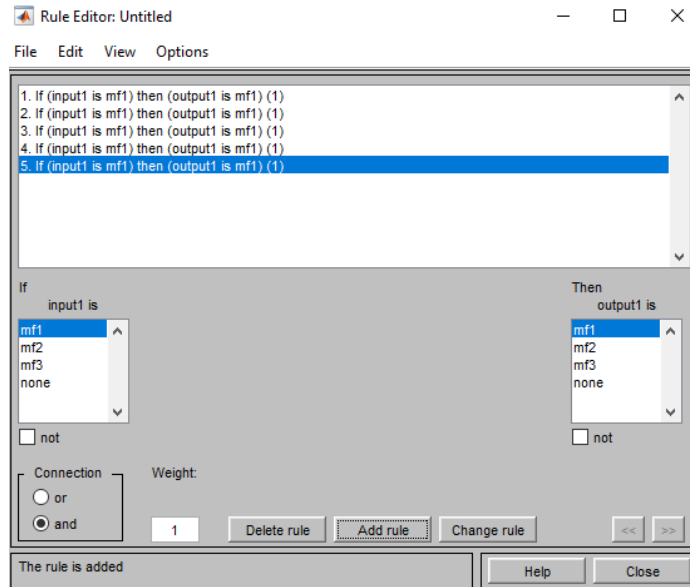


Рисунок 3.9 - Система прийняття правил на основі нечіткої логіки в MathLab FuzzyLogik

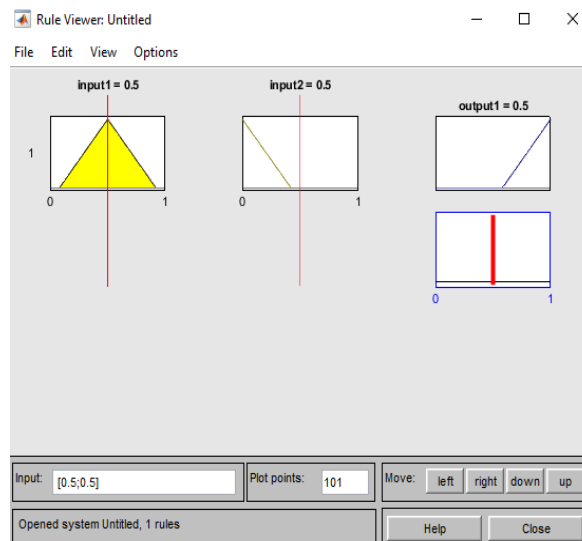


Рисунок 3.10 – Моделювання обчислення правил в MathLab FuzzyLogik
Дефазифікація (усунення нечіткості)

На цьому етапі здійснюється перехід від нечітких значень величин до певних фізичних параметрів, які можуть служити командами виконавчого устрою. Метою дефазифікації є використання результатів усіх накопичень вихідних лінгвістичних змінних для отримання звичайних кількісних значень для кожної з вихідних змінних, які можуть бути використані в спеціальному

обладнанні за межами системи нечіткого виводу. Для усунення нечіткості остаточного результату існує кілька методів.

На даний момент відомі такі методи дефазифікації: метод центру тяжіння, методи лівого і правого найбільшого максимуму, метод центру області.

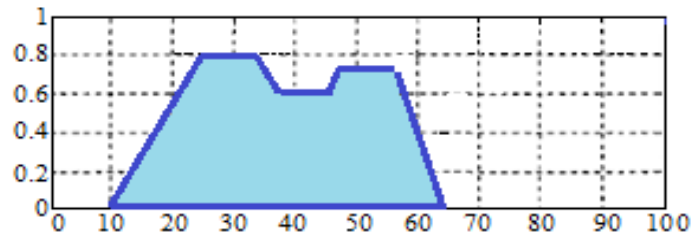


Рисунок 3.11- Дефазифікація методом центру тяжіння

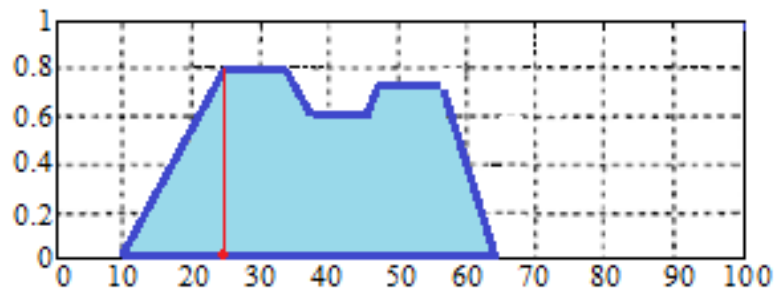


Рисунок 3.12- Дефазифікація методом лівого модального значення

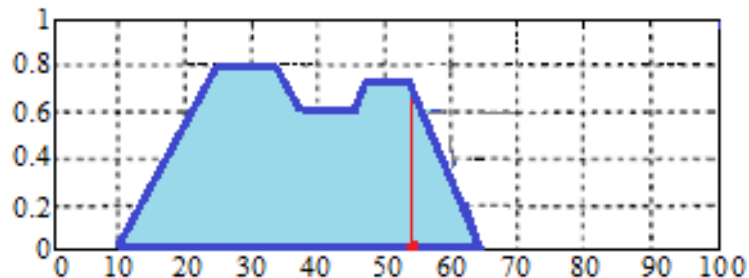


Рисунок 3.13- Дефазифікація методом правого модального значення

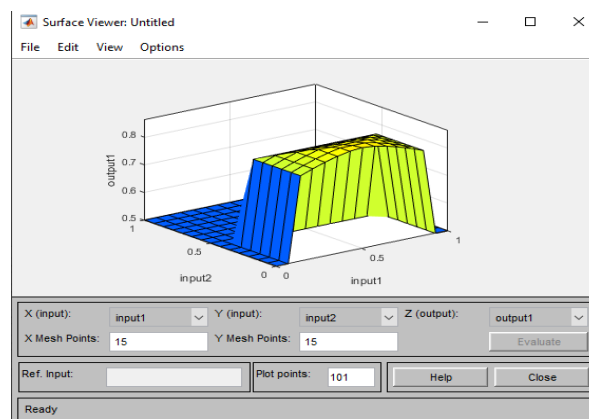


Рисунок 3.14 – Моделювання результату в MathLab FuzzyLogic

Висновки до розділу 3

У розділ присвячений розробці та побудові функціональної схеми системи вимірювання стресу. Також у розділі розглядається алгоритм роботи запропонованої методики визначення стресу. Розробляється метод прийняття рішень, за допомогою якого буде відбуватися саме оцінка отриманих результатів та розроблений алгоритм роботи самого методу визначення. Метод оцінки базується на основних стратегіях системи прийняття рішень за нечіткої логіки. У розділі також описується додаток Matlab Fuzzy Logik у якому буде відбуватися подальше моделювання роботи створеної системи

РОЗДІЛ 4

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ

У розділі описано моделювання системи прийняття рішень за допомогою нечіткої логіки.

4.1 Моделювання системи прийняття рішень на основі нечіткої логіки

Для моделювання розробленої системи було вирішено використовувати програмний пакет MathLab, а саме у додатку FuzzyLogik Designer буде реалізовуватися створена система оцінки рівня стресу, і буде базуватися на наступних даних. Перша група це відповіді за анкетним тестуванням та друга група даних про серцевий ритм з датчика учасника, за допомогою яких комп'ютерна система аналізує наявні дані та видає результат оцінки за яким надають рекомендації щодо наступних дій людини.

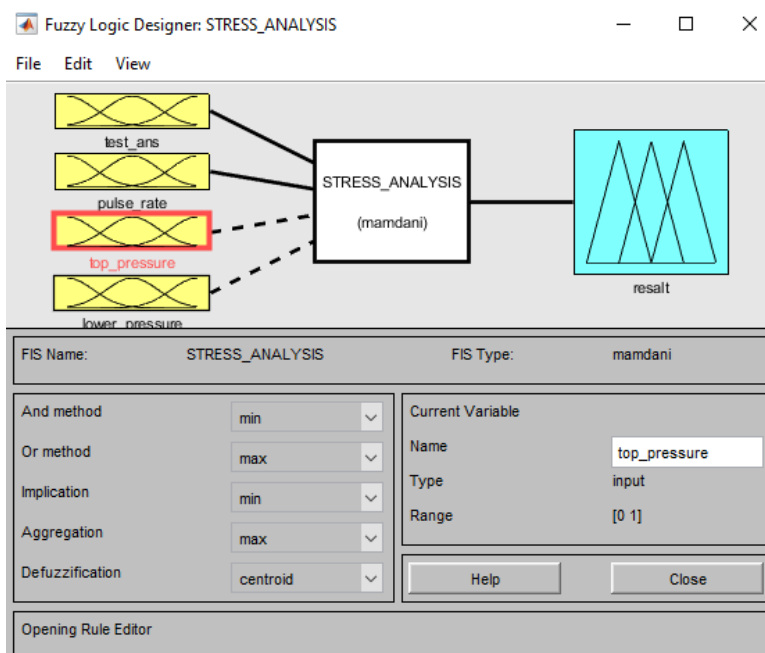


Рисунок 4.1 -Система прийняття рішень в MathLab FuzzyLogik

Запропонована система має чотири вхідні лінгвістичні змінні відповіді на тестування (“test_ans”) та частота пульсу з датчика (“pulse_rate”) та дані про пульс верхній (“top_pressure”) та нижній (“low_pressure”). Розподілення лінгвістичних термів в границях наведених на малюнках 4.2 - 4.6. Межі лінгвістичних змінних було обрано за результатами реальних досліджень та експериментів

вимірювання рівня стресу, за допомогою методів анкетного тестування та даних про рівень серцебиття людини у стані спокою та стресовому. А от межі лінгвістичних термів було визначення експериментально, це відбулося через те що у вирішальних правилах не відбулися суперечки та отримання оптимально адекватних даних.

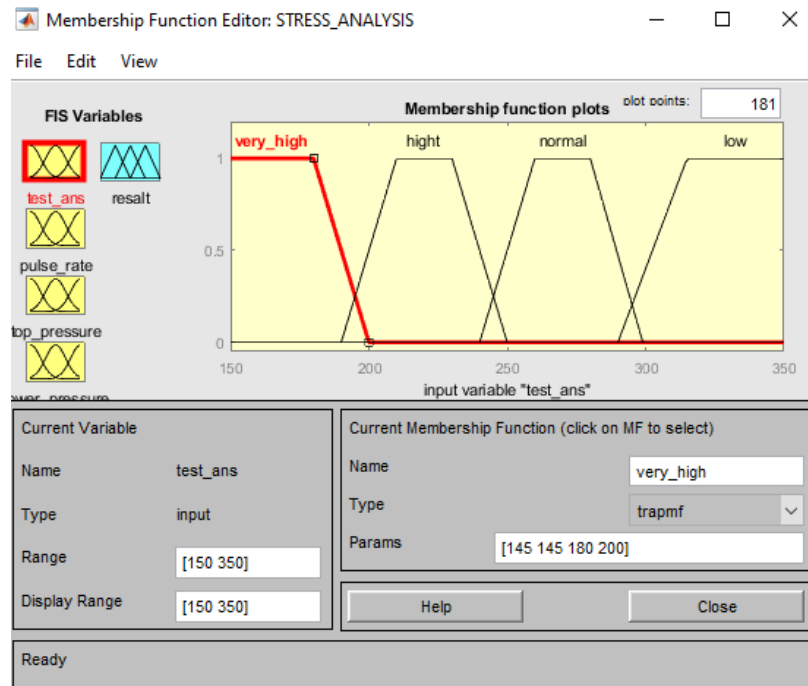


Рисунок 4.2 - ЛТ, що належить вхідній лінгвістичній змінній test_ans

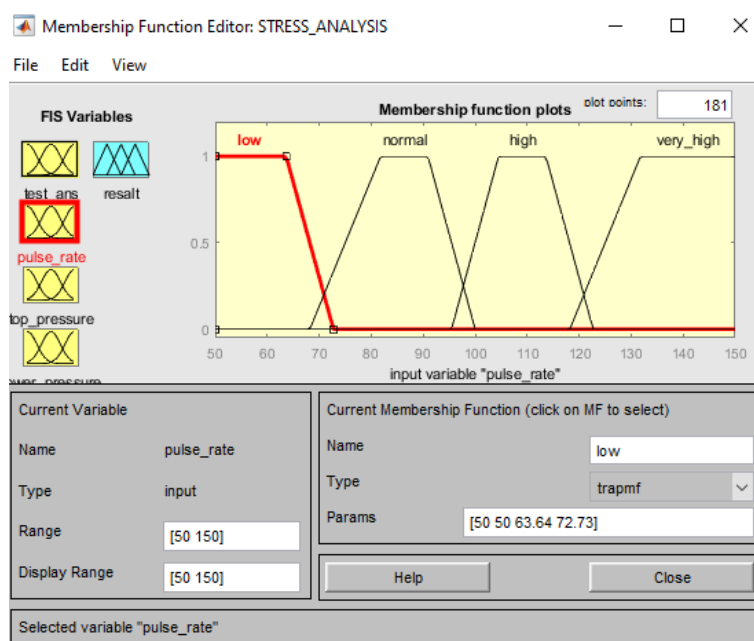


Рисунок 4.3 - ЛТ, що належить вхідній лінгвістичній змінній pulse_rate

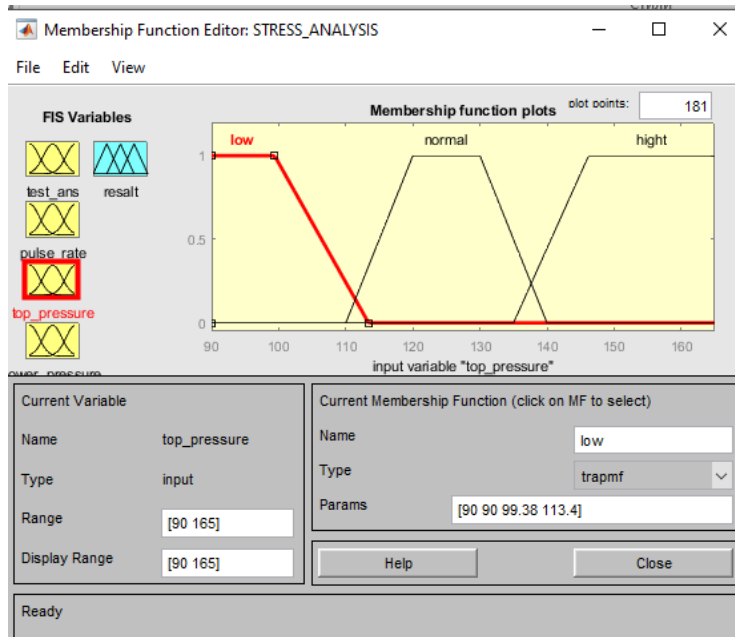


Рисунок 4.4 - ЛТ, що належить вхідній лінгвістичній змінній `top_pressure`

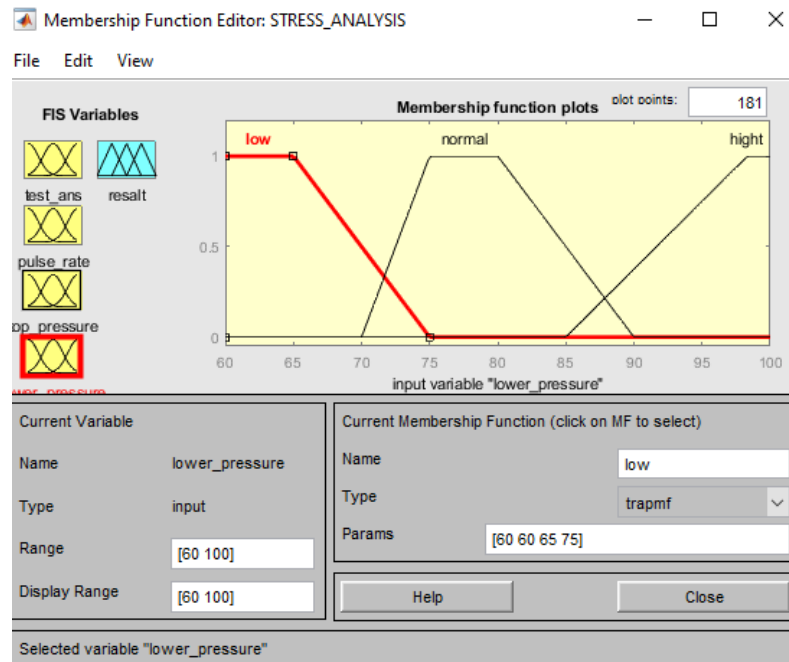


Рисунок 4.5 - ЛТ, що належить вхідній лінгвістичній змінній `low_pressure`

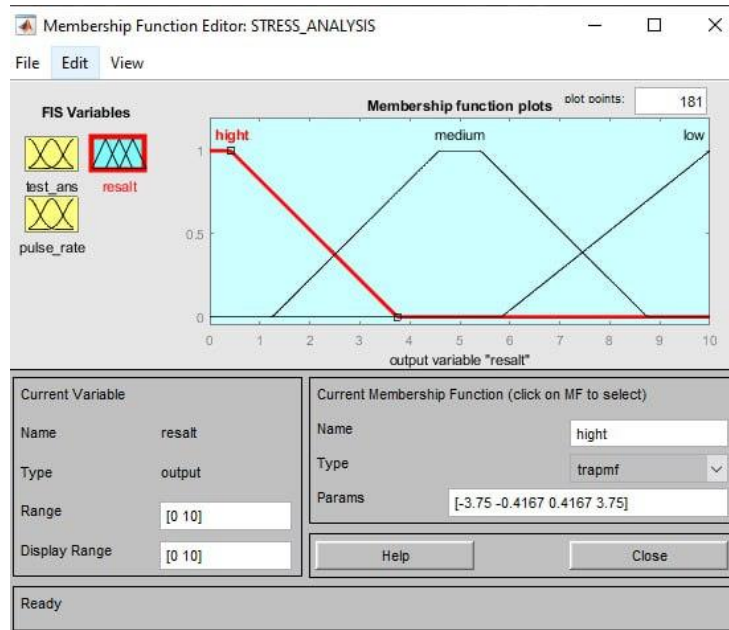


Рисунок 4.6 - ЛТ, що належить вхідній лінгвістичній змінній resalt

Обробка правил системи у середовищі MathLab FuzzyLogik буде відбуватися за загальними теоретичними положеннями побудови правил в системі нечіткої логіки.

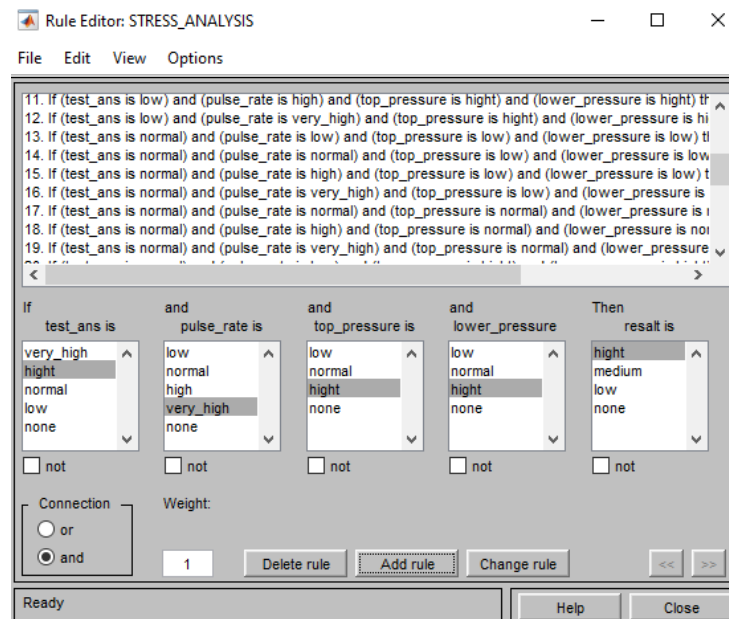


Рисунок 4.7 - Вирішальні правила системи нечіткої логіки в середовищі MathLab FuzzyLogik.

Перша частина правила складається з опису можливої ситуації на в вході системи, а друга частина правила вказує, яка ЛТ буде правильно описувати відгук системи в даному випадку. Правила мають структуру Якщо...то. (If...then)

У нашому випадку система правил має наступний вигляд:

- 1. If (test_ans is low) and (pulse_rate is low) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is low) (1)
- 2. If (test_ans is low) and (pulse_rate is normal) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is low) (1)
- 3. If (test_ans is low) and (pulse_rate is high) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is low) (1)
- 4. If (test_ans is low) and (pulse_rate is very_high) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is medium) (1)
- 5. If (test_ans is low) and (pulse_rate is low) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is low) (1)
- 6. If (test_ans is low) and (pulse_rate is normal) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is low) (1)
- 7. If (test_ans is low) and (pulse_rate is high) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is low) (1)
- 8. If (test_ans is low) and (pulse_rate is very_high) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is medium) (1)
- 9. If (test_ans is low) and (pulse_rate is low) and (top_pressure is hight) and (lower_pressure is hight) then (resalt is medium) (1)
- 10. If (test_ans is low) and (pulse_rate is normal) and (top_pressure is hight) and (lower_pressure is hight) then (resalt is medium) (1)
- 11. If (test_ans is low) and (pulse_rate is high) and (top_pressure is hight) and (lower_pressure is hight) then (resalt is hight) (1)
- 12. If (test_ans is low) and (pulse_rate is very_high) and (top_pressure is hight) and (lower_pressure is hight) then (resalt is hight) (1)
- 13. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is low) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is low) (1)
- 14. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is normal) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is low) (1)

- 15. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is high) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is low) (1)
- 16. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is very_high) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is medium) (1)
- 17. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is normal) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is low) (1)
- 18. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is high) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is medium) (1)
- 19. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is very_high) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is medium) (1)
- 20. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is low) and (top_pressure is hight) and (lower_pressure is hight) then (resalt is medium) (1)
- 21. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is normal) and (top_pressure is hight) and (lower_pressure is hight) then (resalt is medium) (1)
- 22. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is high) and (top_pressure is hight) and (lower_pressure is hight) then (resalt is hight) (1)
- 23. If (test_ans is normal) and (pulse_rate is very_high) and (top_pressure is hight) and (lower_pressure is hight) then (resalt is hight) (1)
- 24. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is low) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is low) (1)
- 25. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is normal) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is low) (1)
- 26. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is high) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is medium) (1)
- 27. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is very_high) and (top_pressure is low) and (lower_pressure is low) then (resalt is hight) (1)
- 28. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is low) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is low) (1)
- 29. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is normal) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is low) (1)

- 30. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is high) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is medium) (1)
- 31. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is very_high) and (top_pressure is normal) and (lower_pressure is normal) then (resalt is high) (1)
- 32. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is low) and (top_pressure is high) and (lower_pressure is high) then (resalt is medium) (1)
- 33. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is normal) and (top_pressure is high) and (lower_pressure is high) then (resalt is medium) (1)
- 34. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is high) and (top_pressure is high) and (lower_pressure is high) then (resalt is high) (1)
- 35. If (test_ans is hight) and (pulse_rate is very_high) and (top_pressure is high) and (lower_pressure is high) then (resalt is high) (1)

Отримані результати моделювання системи зображені на рисунках 4.8. Дані дослідження подавалися на вхід системи при результаті анкетного тестування 171, а при даних про серцебиття людини 80,3 та при значень верхнього тиску 122 і нижнього 80 отримуємо вихідний min 5 (рис. 4.8 а). А от при схожих даних верхнього тиску і нижнього тестування, але при іншому значенні тестування 294 та отриманому через серцебиття людини, а саме 104 ударів, видає результат у 5,47 min (рис. 4.8 б). А от при результаті тестової методики 267 та пульсу людини 113 та при значень верхнього тиску 101 і нижнього 68,5 отримуємо 8,23 min (рис. 4.8 в), й при результаті анкетного тестування 267, а виміряному пульсу 132 та при значень верхнього тиску 153 і нижнього 91,6 отримуємо результат 1,46 min (рис. 4.8 г).

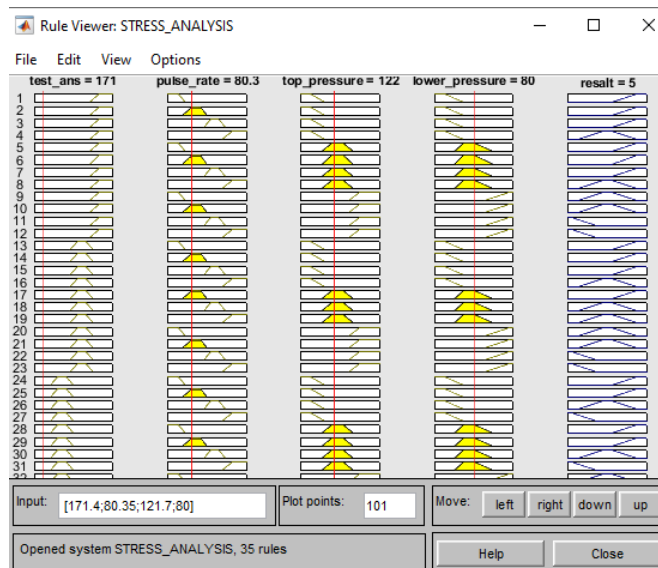


Рисунок 4.8 а) Моделювання роботи системи прийняття рішень Matlab FuzzyLogic

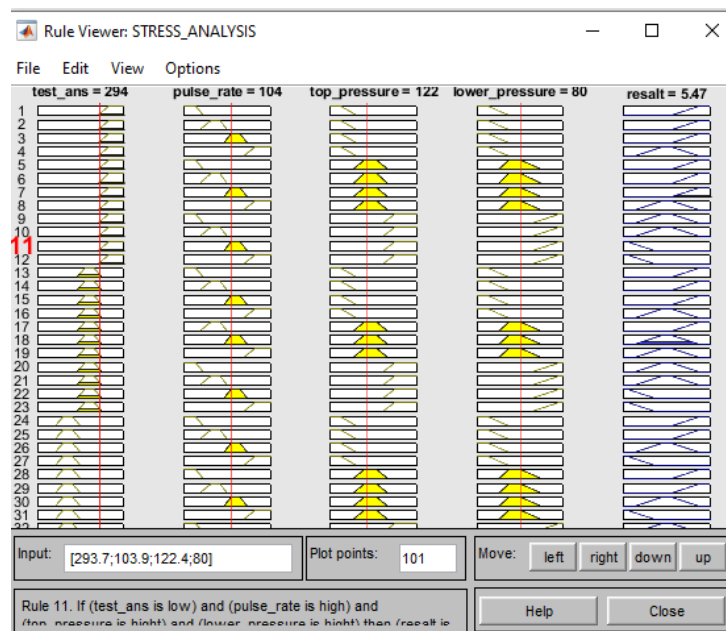


Рисунок 4.8 б) Моделювання роботи системи прийняття рішень Matlab FuzzyLogi

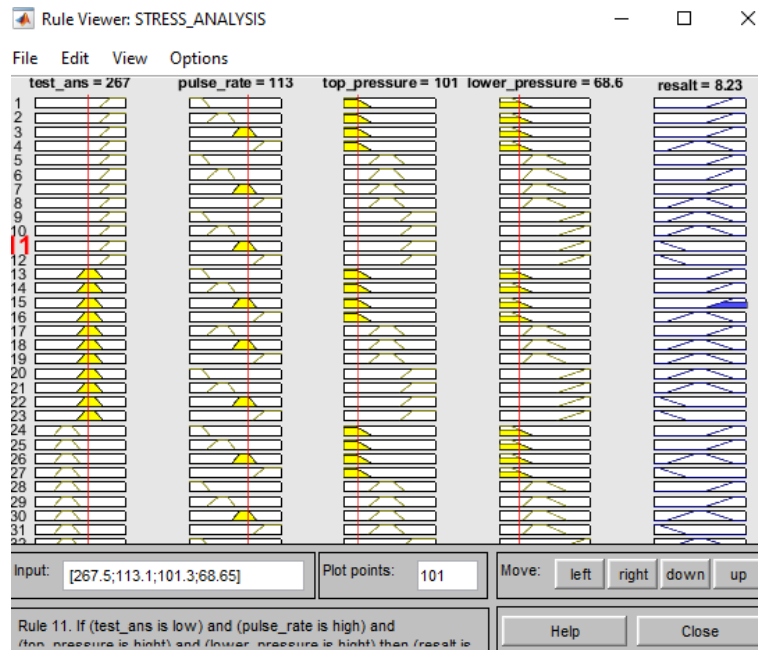


Рисунок 4.8 в) Моделювання роботи системи прийняття рішень Matlab FuzzyLogik

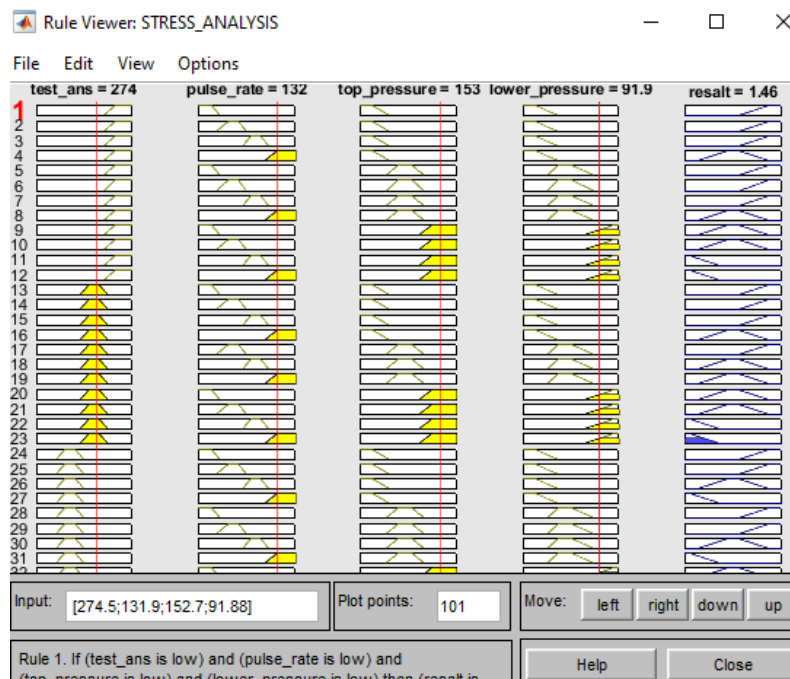


Рисунок 4.8 г) Моделювання роботи системи прийняття рішень Matlab FuzzyLogik

Отже, змінюючи вхідні значення можна прослідкувати залежність зміни вихідних значень. Обраний додаток MatLab також дозволяє переглянути поверхню отриманих прийнятих рішень у вигляді тривимірного графіка з фіксованим одним із вхідних параметрів системи. Результат прийняття рішень

при фіксованих значеннях анкетного тестування, отриманий графік зображено на рис. 4.9.

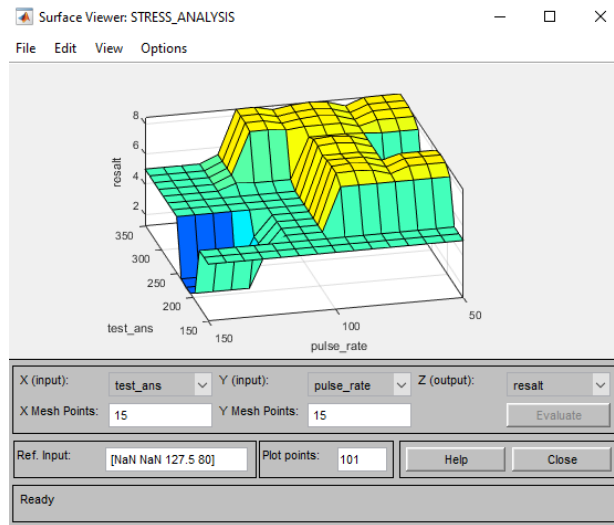


Рисунок 4.9 Результати моделювання залежності рівня стресу при фіксованому значенні анкетного тестування

А от при фіксованих значень пульсу ми отримуємо залежність результату від значень анкетного тестування. Результат прийняття рішень при фіксованих значеннях про пульс, отриманий графік зображено на рис. 4.10.

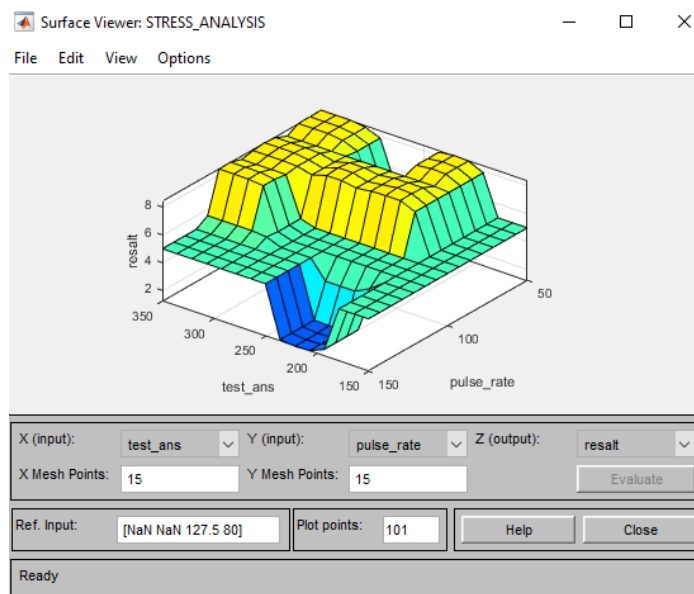


Рисунок 4.10 Результати моделювання залежності рівня стресу при фіксованому значенні пульсу.

З цього графіка також можна зробити висновок, що всі вибрані параметри слід використовувати як вхідні змінні для системи.

Відбулося дослідження у якому прийняло участь 73 людини, у ході якого було отримано вибірку даних тиску та пульсу у нормальному та збудженому стані. Отримані результати наведені на рисунках 4.11-4.16.

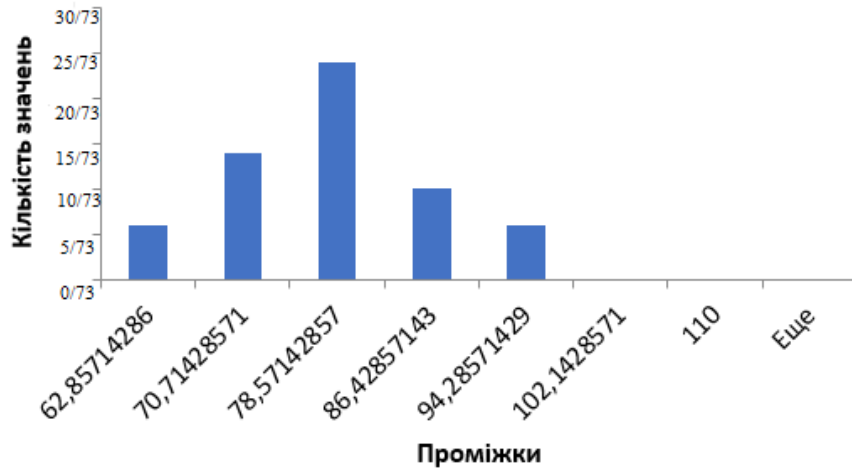


Рисунок 4.11 Графік розподілу пульсу по опитаним у нормальному стані

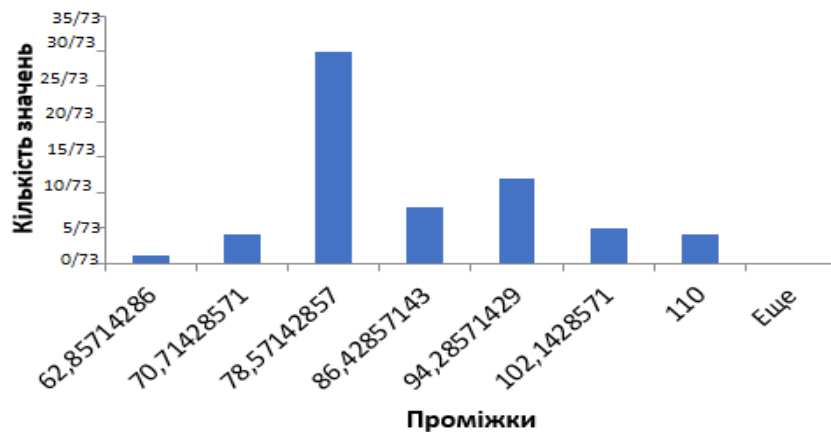


Рисунок 4.12 Графік розподілу пульсу по опитаним у збентеженому стані

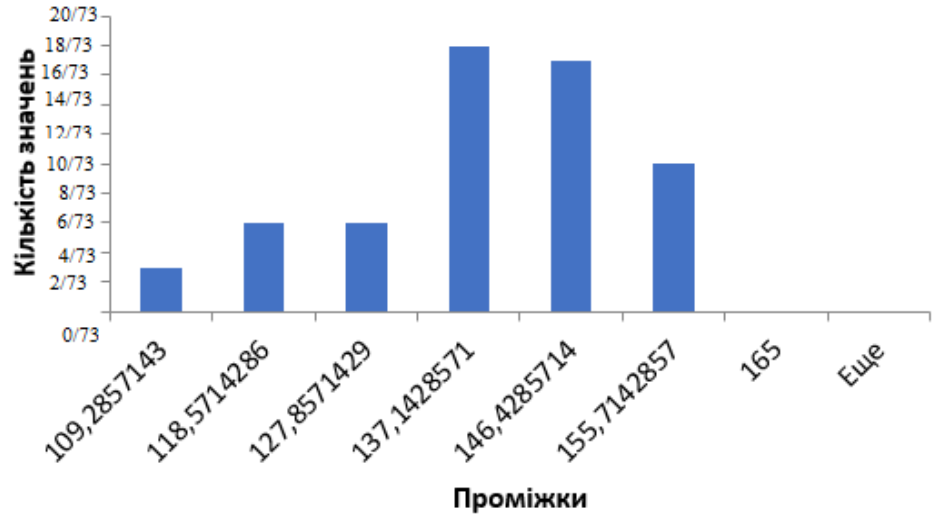


Рисунок 4.13 Графік розподілу верхнього тиску по опитаним у стані
СПОКОЮ

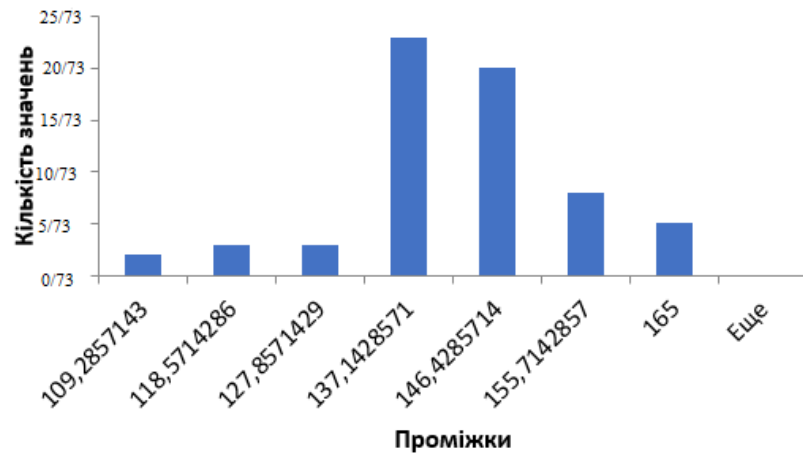


Рисунок 4.14 Графік розподілу верхнього тиску по опитаним у
збентеженому стані

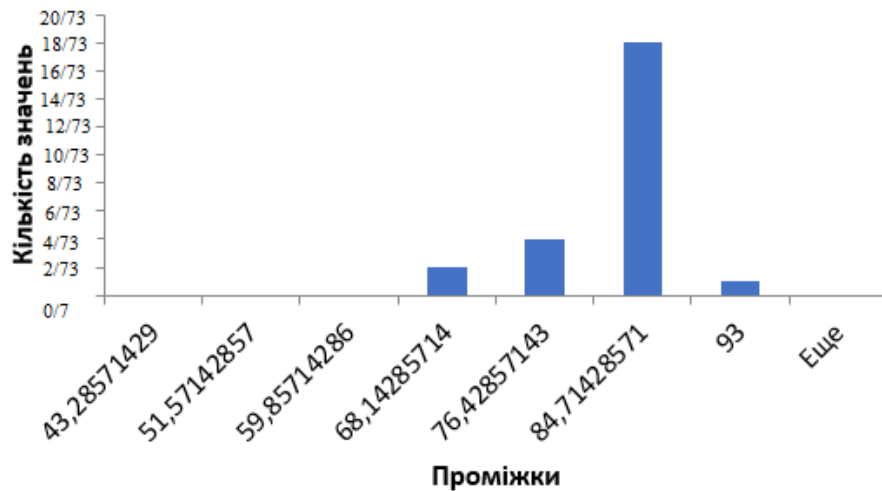


Рисунок 4.15 Графік розподілу нижнього тиску по опитаним у стані
СПОКОЮ

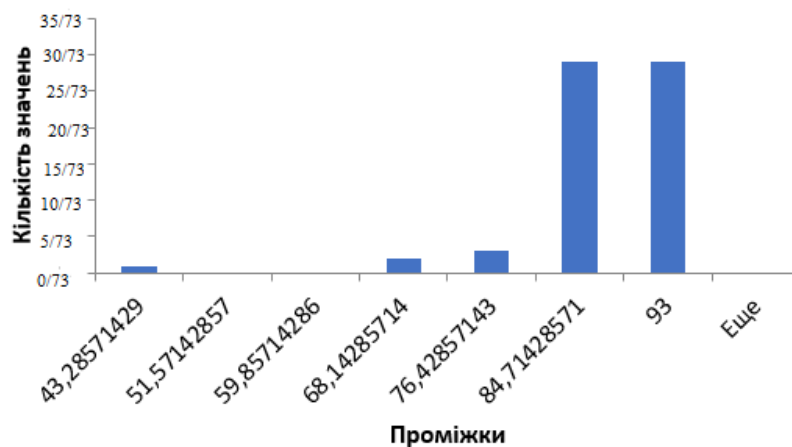


Рисунок 4.16 Графік розподілу нижнього тиску по опитаним у
збентеженому стані

Похибка вимрювання системи залежить від датчиків. Характеристики дачику пульсу наведені в розділі 3. Похибка датчика має наступний вигляд:

$$\delta d1 = \pm 2\%$$

Характеристики дачику тиску наведені в розділі 3. Похибка датчика має наступний вигляд:

Розраховуємо нормуюче значення датчика тиску, Діапазон вимірювання 40...260

$$x_n = 260 - 40 = 220$$

$$\delta = \frac{\Delta}{x_n} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

де x_n - нормуюче значення датчика тиску .

Отже робимо розрахунок:

$$\delta_{d2} = \frac{\pm 3,0}{220} \cdot 100\% = 1,36\%$$

Далі розрахуємо сумарну похибку вимірювання обох датчиків:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{d1} + \delta_{d2} = 2 + 1,36 = \pm 3,36\%$$

Розроблена система прийняття рішень, яка буде використовуватися для якісної оцінки рівня стресу. При чому треба не забувати враховувати що для різних значень анкетного тестування та пульсу й тиску, системи прийняття рішення буде відповідно відрізнятися.

На основі отриманої інформації будуть сформовані рекомендації, що до подальшого покращення психічного стану людей.

Висновок до розділу 4

Розділ був присвячений моделюванню системи у додатку Matlab Fuzzy Logik. У цьому розділі описано та представлено скріншоти змодельованої роботи методу оцінки результатів розроблюваної системи визначення рівня стресу. На кожному скріншоті показано кожний етап роботи алгоритму методики оцінки рівня стресу. У методиці використовується чотири лінгвістичні змінні на вході `test_ans` та `pulse_rate`, `low_pressure` й `top_pressure`, перша ЛГ відповідає за анкетне-тестування, друга за виміряні значення з датчика пульсу, а третя та четверта відповідають тиску. Та також є п'ята ЛГ, яка відповідає за результат (`resalt`). У розділі було додатково сформовано базу правил за якою буде прийматися рішення. Також була розрахована похибка вимірювання системи.

5 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «STRESS_ANALYSIS»

5.1 Опис ідеї проекту та технологічний аудит ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах як сильно може впливати стрес на людей. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту, який покращить оцінку рівня стресу.

Ідея проекту полягає у створенні методики визначення рівня стресу, що уточнено наведено в табл 5.1.

У таблиці 5.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 5.1. Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Методика допоможе більш точно оцінювати отримані дані про стан стресу людини.	Аудит робочих місць	Прискорення розрахунків
	Працівники різних сфер діяльності	Точна оцінка наявного стресу
	Для контролю власного стану	

Отже, пропонується новий спосіб оцінювання стану стресу. Даний запропонований спосіб допоможе чіткіше і точніше отримувати дані про стрес, під впливом, якого знаходиться людина. Це спосіб дасть більше можливостей визначати стан наявного впливу стресів, а після оцінки надає рекомендації, за допомогою яких можна зменшити отриманий результат діагностики.

Далі проводимо аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначаємо перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї;
- визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

– проводимо порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (табл. 5.2).

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні характерис- тики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтра- льна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конку- рент1 Мет Лаб	Конку- рент2 samopo- mi	Конку- рент3 trevog- bolshe			
1.	Власна програмне забезпечення	є	немає	немає	немає	-	-	+
2.	Висока точність отриманого результату	так	середня	невисок а	невисок а	-	+	+
3	Датчики	так	так	ні	ні	+	-	+
4.	Зворотній зв'язок з споживачем.	так	ні	ні	ні	-	-	+
5.	Ціна	серед ня ціна	висока	низька	низька	+	+	-
6.	Торгова марка.	є	є	немає	немає	-	+	-

Зробивши аналіз таблиці можна зробити висновок, що сильною стороною проекту є висока точність оцінки отриманих даних. Саме ця сторона виділяє проект серед конкурентів. Ще однією перевагою проекту є зворотній зв'язок з користувачем та власне програмне забезпечення. А от слабкою стороною ідеї є ціна.

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології (системи оцінки стресу), за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту. Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Визначення стресів за розробленою методикою	методика оцінки анкетного виду	наявні	доступна
		датчик визначення пульсу	наявні	доступна
		власна методика оцінки за нечіткою логікою	треба розробити	доступні
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: Поєднає у собі всі наведені технології у таблиці				

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що наш проект має поєднувати у собі метод визначення стресу анкетного типу, датчик для вимірювання пульсу, метод оцінки отриманих результатів за допомогою нечіткої логіки. Отже, наш проект можна реалізувати поєднавши у собі всі наведені вище технології. Тому можемо зробити висновок, що для запропонованого проекту потрібно буде розробити метод оцінки з нечіткої логіки. А інші частини технології, можна знайти на ринку. З чого робимо висновок що доцільно робити таку систему.

5.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначимо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє нам розширити можливості працездатності людини.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 5.4).

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	3
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	приблизно 1 млн.ум.од
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	недостатньо спеціалістів для роботи з методикою
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	немає
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	Дуже висока від 60 %

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що нашому проекту вихід на ринок є привабливим. На даний момент ринок доволі малий. Але також має потенціал для розширення можливостей збуту. Також не потрібно забувати про деякі аспекти нашої методики, а саме недостатня кількість спеціалістів, але зі зростом збуту товару будемо розширяти штат співробітників. Отже, підсумувавши можна говорити, що для проекту є доцільним виходити на ринок на даному етапі.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5).

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
	Визначення поточного стану психічного здоров'я споживача, а саме рівня стресу	Власники підприємств, та державним установам, співробітники, студенти.	Технічний регламент: Використання певного анкетного тестування Експлуатація тільки спеціалістом	Точна оцінки поточного стану. Комфортний для використання датчик пульсу та нерозголошення особистої інформації.

За результатами аналізу таблиці можемо побачити, що основний споживач для нашої методики це роботодавці підприємств. Основними вимогами до методик від споживачів є точна та якісна оцінка рівня стресу. Також не варто

забувати про недолік ,а саме певні технічні вимоги це використання певної методики тестування.І звісно методика має використовуватися тільки спеціалістом,що знає як з нею працювати.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. (таблиця 5.6). Ці загрози можуть негативно впливати на роботу методики.Також ці фактори можуть призвести до погіршення стану компанії.Та також призвести до недовіри користувача.

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкурент	Поява сильно конкурента на ринку	Вивчення продукту конкурента,та пошук можливих рішень
2.	Користувач	Погані відгуки про методику	Збір та аналіз негативних відгуків та проведення роботи для покращення ситуації
3.	Персонал	Некваліфікований персонал	Стажування,та підвищення кваліфікації
4.	Збій роботи	Не точність отримання даних та їх оцінка	Знайти збій методики та наладити його.
5.	Війна	Втрата ринку	Зміна курсу роботи

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що для нашого проекту існує багато факторів ризику.Ці фактори негативно можуть вплинути на розвиток продукту.Проте з іншого боку це може дати нам можливість змінити ринок попиту.Та також покращити роботу всередині компанії ,асамедастьможливість персоналу підвищувати свою кваліфікацію.Та допоможе удосконалити методику.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 5.7).

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Банкrottво конкурента	Втрата фінансової спроможності	Можливість до розширення
2.	Доходи	Підняття доходів населення	Підняття вартості продукції
3.	Війна	Зростання попиту	Розширення ринку збуту
4.	Інвестування	Інвестування міжнародною компаеією	Можливість до розширення

5.	Франшиза	Продаж прав користування	Отримання додаткових фінансових надходжень
----	----------	--------------------------	--

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що кожна з можливостей пропонує певний етап розвитку для компанії. Цей зріст може бути за рахунок збанкрутілого конкурента або купівлі кимось прав на використання. Також про збільшення ринку збуту за рахунок зміни фінансових можливостей населення.

Не варто також забувати, що майже у кожного продукту є конкурент. Який може допомагати розвиванню проекту через змагання один з одним. Чи який може навпаки призвести до банкрутства.

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1.Монополія	Не дають можливостей для розвитку іншим конкурентам	Використання анти монополії, як стратегії просування
2.Локальний	Монополісти на локальному рівні	Вихід на національний рівень
3.Внутрішньогалузева	Робота тільки з однією галуззю	Робота з різними галузями
4.Товарно-родова	Можливість замінити іншими замінниками	Удосконалення методики
5.Нецінова	Відбувається вдосконалення продукта	Удосконалення методики
6.Марочна	Велике значення має бренд	Створення власного бренду

Заповнивши та проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що ринок монополізований на локальному рівні. Тому потрібно розглядати вихід на більший рівень, а саме національний. Також для конкурентоспроможності маємо удосконалювати технологію проекту. Важливим фактором для боротьби з конкурентами є створення власного бренду. Та те що наш проект спрямований на роботу з різними галузями.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Мет Лаб, samopromi, trevogbolshe	Вихід світових лідер на ринок України	Постачальники відсутні	Обмеження платоспроможністю	Відсутні
Висновки:	не сформована конкуренція	Не має доцільності виходу на ринок, з наявністю потенційних конкурентів	Постачальники відсутні	Можливість відмови від купівлі	Відсутні

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що для нашого проекту буде доволі привабливо вийти на ринок. Це пов'язано з незалежністю від постачальників, що відрізняє від конкурентів. Отже маємо використовувати сильну сторону нашого проекту для можливості конкурувати. Сильна сторона технології полягає у відсутності товарів-замінників.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Для виходу на ринок проект має мати можливість втриматися та закріпитися на ринку. Для цього розглядаємо фактори, які можуть допомогти збільшити шанси на конкурування.

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Гнучкі ціни	Може змінюватися ціна відповідно до попиту ринку
2	Контроль якості	Перевірки на дотримання якісного виконання методики
3	Наявність торговельних знаків	Монополізування використання даного проекту
4	Доступ до ресурсів	Можливість бути незалежними від постачальника
5.	Динаміка галузі	Збільшення попиту на товар

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «STRESS_ANALYSIS»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з METER_Kompany							
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	
1	Гнучкі ціни	17							+	
2	Контроль якості	18				+				
3	Наявність торговельних знаків	16	+							
4	Доступ до ресурсів	14		+						
5.	Динаміка галузі	14								+

З таблиць 5.10 та 5.11 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нового методу аналізу та оцінки рівня стресу. Основною перевагою та головним досягненням є висока якість продукту та гнучка ціна для споживача.

Таблиця 5.12. SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: 1. Програмне забезпечення 2. Зворотній зв'язок 3. Висока точність	Слабкі сторони: 1. Відсутність фізичної реалізації
Можливості: 1. Розширення ринку за рахунок іноземних замовників; 2. Отримання державних замовлень на отримання послуг; 3. Різка зміна курсу гривні може призвести до збільшення попиту; 4. Збільшення попиту від малих підприємств	Загрози: 1. Цінова конкуренція в зв'язку з появою нових гравців на ринку. 2. Втрата постачальника 3. Політичні та економічні ризики ведення бізнесу; 4. Втрата потенційних клієнтів через недостатню кваліфікацію співробітників;

На основі аналізу таблиці робимо висновок, що сильних та слабких сторін проекту. Також був проведений аналіз можливостей для розвитку проекту. Та загрози які можуть вплинути на стратегію входження до ринку збуту.

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки.

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	ймовірно	1-2 роки
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	малоймовірно	1 рік
3.	Індивідуальні продажі	малоймовірно	1-1.5 рік

З зазначених альтернатив обираємо стратегію нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу.

5.3 Розроблення ринкової стратегії проекту та розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Промислові компанії	Готові сприйняти	75%	30-50%	Відносно просто
2	Державні установи			60-70%	Важко
3	Студенти			25-35%	Просто
Які цільові групи обрано: Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати із промисловими компаніями та студентами					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів ми обрали дві цільові групи. Перша обрана група це промислові компанії, а саме роботодавці. Наступна група, яку вибрали у ролі споживачів це студенти. Ці групи були обрані через їхню готовність до прийняття методики. Та також через простоту входу до ринку цих сегментів.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку.

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Диференційований маркетинг	Якісна методика, яка удосконалюватиметься та зворотній зв'язок зі споживачами.	Стратегія спеціалізації

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок що базової стратегією проекту була вибрана стратегія спеціалізації. Стратегії базується на отриманні споживачем зворотного зв'язку від виробника та удосконаленню методики відповідно до вимог споживачів. А от альтернативною стратегією розвитку була вибрана стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями. Маркетинговий напрямок спрямований на охоплення ринку саме за допомогою диференційованого маркетингу.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

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

Проаналізувавши таблицю можна визначити що було вибрано стратегія конкурентної поведінки, яка найкраще підходить для проекту. Отже, обрана була стратегія зайняття конкурентної ніші, яка спрямована на декілька цільових сегментів. Тому саме через це піде вибраний підхід не бути схожими на конкурентів. Також варто зауважити що проект може стати першопрохідцем у ніші.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної

поведінки розробляємо стратегію позиціонування яка визначається у формування ринкової позиції, за яким споживачі мають ідентифікувати проект

Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
	Удосконалення продукту зважаючи на побажання споживачів	Стратегія спеціалізації	Висока якість методики. Формування лояльності і прихильності споживачів	Якість. Зворотній зв'язок із виробником. Ціна.

Результатом даного підрозділу є система рішень щодо ринкової поведінки компанії, вона визначає в якому напрямі буде працювати компанія на ринку

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	є	Збільшення прибутку	Спрямування ресурсів на ті групи клієнтів, які приносять прибуток
2.	є	Зменшення витрат	Зменшення витрат на пошук прихованих груп
3.	є	Підвищення якості	Підвищення якості системи за рахунок якісних датчиків.

За результатами таблиці робимо висновок, що концепція спрямована на збільшення прибутків. Її реалізацію буде відбуватися через пошук більш рентабельних груп клієнтів. Та також буде відбуватися зниження витрат на пошук прихованих груп споживачів. А інша частина концепції буде спрямована на підвищення якості системи.

Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Точно система оцінки рівня наявного стресу з подальшим формуванням рекомендацій		
	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор

II. Товар у реальному виконанні	1.Довговічність (немає строку давності)	Нм	Ор
	2.Якість(високаа якість системи)	М	Тл Тх
	3.Висока точність (отримання результату)	Нм	
	4.Зручність використання 5.Гарантійний термін	Нм Нм	Е Вр
Якість: відповідає нормам			
Пакування: програмне забезпечення записане на компакт диск.			
Марка: STRESS_ANALYSIS			
III. Товар із підкріпленням	До продажу с праграмним забезпеченням		
	Після продажу отримання гарантії		

За результатами таблиці можемо визначити що наш проект спрямований на оцінку рівня стресу.Основними характеристиками проекту є висока точність отримання результатів та висока якість системи.Додаткова наша система до споживачів буде надходити з програмним забезпеченням.Також не варто забувати про можливості копіювання системи,тому було обрана захист товару через патентування розробки.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 5.20).

Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	відсутні	100-200\$	300-500\$	50-150%

Проаналізувавши таблицю можна визначити що на ринку відсутні товаро-замінники,що дозволяє не враховувати їх в ціну на товар.Але ми маємо враховувати рівень цін на аналоги,який допоможе визначитися з межами цін.Та також можемо зробити висновок,що рівень доходів споживачів дозволяє встановлювати середнє значення цін.

Таблиця 5.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
-------	---	---	----------------------	--------------------------

1.	Замовлення виготовлення та оплата	Інформування споживачів	Один рівень	Комбінована
----	-----------------------------------	-------------------------	-------------	-------------

За результатами таблиці можемо визначити, що збут буде відбуватися за комбінованою системою. Тобто через сторону компанія. Для постачальника будуть виготовлятися системи і потім продаватися. І відповідно стороння компанія буде інформувати споживачів про нашу систему.

Таблиця 5.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Власники підприємств	Інтернет	Висока точність	Розширення клієнтської бази	Популярні СММ технології

Результатом даного підpunkту є маркетинговий аналіз, який визначає можливість та доцільність виходу на ринок з проектом оцінки рівня стресу. Можна стверджувати, що існує ринкова капіталізація проекту. Виходячи з того, що на ринку відсутні конкуренти, можна стверджувати, що старт буде легким. Але не потрібно забувати про можливість виходу світових лідерів на ринок. Подальша імплементація є доцільною з точки розвитку галузі

5.4 Бізнес-модель та реалізація стартап-проекту

Ведення власного бізнесу вимагає не лише мрії, оптимізму та драйву, але й спокійного та виваженого підходу. Системний підхід, який враховує ключові бізнес-фактори, допоможе знизити ризики, побачити перспективу, зрозуміти, як будувати вигідні ділові партнерські відносини і намалювати картину бажаних клієнтів. Це значно підвищує ймовірність успіху.

Тому бізнес-модель є важливою складовою стратегії компанії за допомогою якої наш стартап буде отримувати прибуток. Модель бізнесу забезпечує джерело доходу шляхом надання цінності нашим клієнтам, залучення їх та продажу систем для аналізу рівня стресу та забезпечити потік доходу шляхом продажу представленої системи. Наш стартап пропонує систему оцінку

рівня стресу, що допоможе роботодавцям слідкувати за здоров'ям працівників та підвищить їх працездатність.

Цільова аудиторія - власники підприємств різного сегменту та державних установ. Прибуток буде отримуватися за рахунок продажу створеної технології, яка забезпечує високу якість та точність отриманих результатів про стан стресу людини. Просування продукту буде здійснюватися за допомогою маркетингових компаній й таргетованої реклами в Інтернеті та на спеціалізованих виставках, з акцентом на демонстрацію переваг створеної системи.

Таким чином, була розроблена бізнес-модель стартап проекту. Бізнес-модель розроблялася за двома основними напрямками: проблема та її вирішення, а також основні партнери, з якими буде відбуватися співпраця та клієнти. Також додатково у бізнес моделі було розроблено плановий курс по роботі та взаємовідносин зі споживачами й розробили систему надання скидок для нових потенційних споживачів та постійних клієнтів. А також планується реалізувати індивідуальний підхід до кожного замовника, з урахуванням їх вимог пов'язаних з організацією ведення бізнесу. Створена бізнес модель представлена у тбл.5.23.

Таблиця 5.23. Бізнес-модель стартапу

Ключові партнери постачальники датчиків вимірювання пульсу	Ключові види діяльності Розробка точної системи оцінки рівня стресу у людини, виробництво та збирання обладнання	Унікальна цінність Споживачі отримують точну систему оцінки стресу з подальшими рекомендаціями покращення здоров'я клієнта	Стосунки з клієнтами Підтримка споживачів після купівлі та технічна підтримка та надання додаткових пільг постійним клієнтам й розробка системи скидок для нових клієнтів	Сегмент користувачів Власники підприємств та їх працівники
	Ключові ресурси Технічний персонал, персонал виробничої потужності, розробники системи та програмного наповнення		Канали збуту маркетингові компанії, інтернет платформи для реклами, спеціалізовані виставки.	
Структура витрат Зарплати співробітникам, реклама та маркетинг, технічна підтримка, закупка датчиків та виробництво			Потоки прибутку Продаж розробляємої системи оцінки рівня стресу	

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що розроблена бізнес-модель спрямована на визначення руху розвитку стартап проекту. А саме аналізуються витрати, які знадобляться для проекту, які будуть шляхи отримання прибутку та розглянуто ключових фігур у роботі з проектом та яка унікальність створюваної системи. Та також модель бізнесу допоможе залучити партнерів до співпраці, підвищить ефективність виробництва, приверне увагу споживачів до розробляемого товару. У моделі було розроблено стратегію роботи з клієнтами, а саме підтримання зворотного зв'язку з користувачами після купівлі нашого товару. Також споживачам буде доступна технічна підтримка та надання

додаткових пільг для постійних клієнтів. А для нових споживачів також буде створена система скидок, яка допоможе залучити їх до покупки розробляємої системи. Після запуску можна оцінити створену бізнес модель та за потреби скоригувати цільову аудиторію, лінійку продуктів і ціни, відповідно до нових тенденцій на ринку.

Важливою та необхідною складовою організаційного плану є календарний план графік, який допоможе передбачити всі необхідні роботи, які потрібно виконати та без яких неможлива підготовка до реалізації проекту.

Тому після розробки бізнес-моделі, потрібно розробити календарний план у якому будуть вказані терміни та дедлайни за яким буде реалізовуватися розроблювана система. Створений план для проекту можна побачити на табл. 5.23.

Таблиця 5.23. Календарний план стартапу

Вид діяльності	Дедлайн	01.02-01.05	02.05-1.06	01.06-15.08	17.08-31.09	0.3.10-30.11	02.12-01.01.2025
Розробка системи оцінки стресу	02.05.2024	*					
Створення фізичної моделі системи	3.06.2024		*				
Пошук інвесторів	16.08.2024			*			
Пошук постачальників	1.10.2024				*		
Пошук каналу збуту	01.12.2024					*	
Створення рекламної кампанії	05.01.2025						*

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що представлення інформації у формі плану є дуже зручним оскільки дозволяє побачити, що у плані було вказані основні плануємі дедлайни та терміни виконання й реалізації проекту. А саме плановий час на створення фізичної моделі для розробленої системи. Та також терміни розробки самої системи. У плані також вказано терміни пошуку інвесторів та постачальників. Ще виділяється час на пошук

каналів збуту. Також детально вказано етапи реалізації системи, а саме розробка самої системи, пошук ключових фігур проекту, створення рекламної кампанії.

Висновки

Узагальнюючи проведений аналіз стартап проекту можна зробити висновок щодо доцільності створення та виходу на ринок системи оцінки рівня стресу.

Було проведено дослідження можливості комерціалізації запропонованої ідеї.

На основі проведеного аналізу стартапу за різними показниками, а саме було оцінено можливості виходу на ринок збуту, пошуку потенційних сегментів споживачів, тип та стан конкуренції, який є в ніші. Також були розглянуті можливості до конкурентоспроможності, які допоможуть конкурувати на ринку. Та визначилися з можливими перешкодами, які можуть завадити розвитку на ринку та також розглянули переваги нашого проекту відносно конкурентів. Під час дослідження також зробили аналіз щодо слабких та сильних сторін системи, яка спрямована на визначення рівня стресу.

Також було створено і розглянуто бізнес модель, яка допомогла визначитися з основною стратегією отримання прибутків та роботи плануємого продукту. Бізнес модель визначила курс напрямку, в якому буде розвиватися проект для отримання більшої лояльності та довіри від споживачів. Та також виділила партнерів з якими буде відбуватися співпраця. Після створення бізнес-моделі було розроблено календарний план у якому було визначено основні терміни розробки та реалізації, створеної системи оцінки рівня стресу.

На основі аналізу було розроблено висновок, що до подальшої доцільності імплементації проекту.

Отже, запропонована система оцінки рівня стресу є досить ефективною. Та має високу точність в отриманні результату в порівнянні з аналогічними системами та має можливість бути реалізованою фізично.

Тому можемо визначити, що для системи є досить привабливим вийти на ринок, адже немає великої конкуренції у вибраній ніші ринку, то старт для проєкту буде легким.

.

ВИСНОВОК

Магістерська дисертація присвячувалась розробці системи визначення рівня наявного стресу у людини. Система була створена для покращення якості оцінки та отримання результатів про стресовий стан, адже для нас це є однією з найбільших проблем сучасного світу. Це пов'язано з тим що стрес може бути корисним для людини у маленькій кількості, але його занадто велика кількість є надзвичайно шкідливою для життя людини. Тому є дуже важливим контролювати його рівень, тому що для кожної людини важко визначити її рівень стресу, адже для когось неймовірний фактор стресу, для іншого не є взагалі проблемою. Тому у ході роботи було проведення дослідження про чинні методи визначення стресу, було виділено дві основні методики перша це методика анкетного тестування, друга методика визначення стресу за біометричними показниками, такими, як серцебиття, дихання, температура та інші показники.

На основі цього було вирішення розробити систему яка поєднує у собі дві методики визначення стресу. Тому сама система базується на двох етапах перший це анкетне тестування, буде використовуватися методика авторів Д. Холмс, К. Раге), яке учасник має пройти та з якого ми отримуємо дані, які за допомогою ключа методу розшифруємо, другий метод це відстежування біо показників учасника, а саме його серцебиття та тиск. Для цього буде використовуватися датчик вимірювання саме пульсу та тиску людини. Для системи було обрано смартгодинник. На основі цих даних система буде оцінювати та надавати рекомендації щодо покращення стресового стану пацієнта.

Оцінка отриманих результатів буде прийматися за допомогою системи нечіткої логіки, яка дозволяє прийняти остаточне рішення на інтервальних значеннях вхідних величин. Оптимальність використання такої системи обумовлена складністю прогнозування змін факторів впливу та взаємозв'язків між ними.

Отже, у роботі було розроблено структурну схему створюваної системи та проведення аналіз алгоритмів, які існують у нечіткій логіці. Після дослідження та аналізу кожної стратегії було вирішено використовувати для оцінки результатів системи - алгоритм Мамдані, це пов'язане з тим що чим при збільшенні діапазону значень аргументу значення похибки стають меншими, ніж на початок та в кінці діапазону.

Також у роботі розроблялась функціональна схема створюваної системи та алгоритм її роботи.

Та в роботі було проведено моделювання роботи розробленої системи прийняття рішень на основі нечіткої логіки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Методи оцінки стресу з нечіткої логіки / А.П Павлюченко // Погляд у майбутнє приладобудування: Збірник праць XVI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, 16-17 травня 2023р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. - С.237-239
- [2] Головна - Львівський національний університет імені Івана Франка. URL: https://lnu.edu.ua/life-safety/wp-content/uploads/2019/09/OZDSH_PR-4-2019.pdf (дата звернення: 02.01.2024).
- [3] О. Я. Кляпець, Б. П. Лазоренко, Л. А. Лепіхова, В. В. Савінов, «Методики вивчення повсякденного стресу і способів розв'язання кризових життєвих ситуацій», За ред. Т. М. Титаренко. – К.: Міленіум, 2009. – 120с.
- [4] Stanley Reisman. Measurement of physiological stress. Proceedings of the IEEE 23rd Northeast Bioengineering Conference. May 21-22, 1997. Durham, New Hampshire: IEEE, 1997. P.21-24.
- [5] Система визначення ознак стресу на основі біометричного сигналу/Шуліков А, В//Дипломна робота 2019р. ММСА ІПСА, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2019. - С.14-22
- [6] Lizawati Salahuddin and Desok Kim. Detection of acute stress by heart rate variability (hrv) using a prototype mobile ecg sensor. Advances in Hybrid Information Technology: proceedings of the First International Conference on Hybrid Information Technology. November 9-11, 2006. Jeju Island, South Korea. P.453–459
- [7] Healey, J. A. & Picard, R.W. Detecting Stress During Real-World Driving Tasks Using Physiological Sensors. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2005. Vol. 6, No. 2. P.156–166.
- [8] Daniel Novák, Lenka Lhotská, Vladimír Eck, and Milan Sorf. Eeg and vep signal processing. Czech Technical University in Prague, Czech Republic. 2004. 47 p.
- [9] Шкала соціальної адаптації холмсу та раге. Методика визначення стресостійкості та соціальної адаптації холмса-рею. Чи можна виміряти стрес? Про порівняльну шкалу стресів. *Детский мир. Красота. Кулинария. Интернет. Мода и стиль. Недвижимость. Животные.* URL: <https://sks-m.ru/uk/education/shkala-socialnoi-adaptacii-holmsa-i-rage-metodika-opredeleniya.html> (дата звернення: 02.01.2024).
- [10] Система оцінки стресу за нечіткою логікою / А.П Павлюченко //Збірник праць XIX Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні”, 20-21 грудня 2023 р. К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023-С.285-287
- [11] Vitalii Larin, Oleksandr Solomentsev, Maksym Zaliskyi, Anastasia Shcherban, Yuliya Averyanova, Ivan Ostroumov, Nataliia Kuzmenko, Olha Sushchenko, Yurii Bezkorovainyi. PREDICTION OF THE FINAL DISCHARGE OF THE UAV BATTERY BASED ON FUZZY LOGIC ESTIMATION OF INFORMATION AND INFLUENCING PARAMETERS. 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 3.10.2022, p.1-6

- [12] Anastasiia Shcherban, Volodymyr Ieremenko. COMPUTERIZED ELECTRICAL SUPPLY MONITORING SYSTEM FOR UNMANNED AIRCRAFT. Transactions on Aerospace Research. 2022. Vol.5(264), pp.71-80. DOI: 10.2478/tar-2020-0022. ISSN 2545-2835.
- [13] Anastasiia Shcherban, Volodymyr Ieremenko. UAV flight safety system based on fuzzy logic. Transactions on Aerospace Research. 2020. Vol.4(261), pp.71-80. DOI: 10.2478/tar-2020-0022. ISSN 2545-2835
- [14] Учасники проєктів Вікімедіа. Система нечіткого виведення – Вікіпедія. *Вікіпедія*. URL: https://uk.m.wikipedia.org/wiki/Система_нечіткого_виведення (дата звернення: 02.01.2024).
- [15] Алгоритм Цукамото (Tsukamoto). *StudFiles*. URL: <https://studfile.net/preview/16469163/page:33/> (дата звернення: 02.01.2024).
- [16] Теория алгоритмов и математическая логика. *Elearning SumDU*. URL: https://elearning.sumdu.edu.ua/free_content/lectured:5de5178bb62ca7a97fe35cba8b92d1b337ee8101/latest/8080/index.html (дата звернення: 02.01.2024).
- [17] Фитнес-браслет Mi Smart Band 6 | Официальный сайт Xiaomi | mi.com. *Xiaomi*. URL: <https://www.mi.com/ru/product/mi-smart-band-6/specs/> (дата звернення: 02.01.2024).

ДОДАТОК А

Таблиця 6. Питання для метода Холмса-Page

№	<i>Життєві події</i>	<i>Бали</i>
1	Смерть чоловіка(дружини)	100
2	Розлучення	73
3	Роз'їзд Подружжя(без оформлення розлучення)	65
4	Тюремне ув'язнення	63
5	Смерть близького члена родини	63
6	Травми чи хвороби	53
7	Одруження,весілля	50
8	Звільнення з роботи	47
9	Примирення подружжя	45
10	Вихід на пенсію	45
11	Зміна в стані здоров'я членів родини	44
12	Вагітність	40
13	Сексуальні проблеми	39
14	Поява нового члена родини,дитини	39
15	Реорганізація на роботі	39
16	Зміна фінансового стану	38
17	Смерть близького друга	37
18	Зміна місця роботи	36
19	Посилення конфліктності стосунків з чоловіком(дружиною)	35
20	Позичка чи позика на велику покупку(наприклад будинок)	31
21	Закінчення терміну виплати позички чи позики,збільшення боргів	30
22	Зміна посади,підвищення службової відповідальності	29
23	Син чи донька залишили родину	29
24	Проблеми з родичами чоловіка(дружини)	29
25	Видатне особисте досягнення,успіх	28
26	Чоловік(дружина) кидає роботу (чи стає до роботи)	26
27	Початок чи закінчення навчання	26
28	Зміна умов життя	26
29	Відмова від певних звичок	24
30	Проблеми з керівництвом,конфлікти	23
31	Зміна умов чи годин на роботі	20
32	Зміна місця проживання	20
33	Зміна місця навчання	20
34	Зміна звичок, пов'язаних із проведенням дозвілля чи відпустки	19
35	Зміна звичок, пов'язаних з віросповіданням	19
36	Зміна соціальної активності	18
37	Позичка чи позика для покупки не дуже великих речей (машини, телевізора)-	17
38	Зміна індивідуальних звичок, пов'язаних зі сном, порушення сну	16
39	Зміна членів родини, зміна характеру і частоти зустрічей з іншими членами родини	15
40	Зміна звичок, пов'язаних з харчуванням (кількість споживаної їжі, дієта, відсутність апетиту тощо)	15
41	Відпустка	13
42	Різдво, зустріч Нового року, День народження	12
43	Незначне порушення правопорядку (наприклад, штраф за порушення правил вуличного руху)	11

