

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Факультет - приладобудівний

Кафедра – інформаційно-виміральної техніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність – 152. Метрологія та інформаційно-виміральна техніка

Спеціалізація – Метрологія та вимірвальна техніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.С.Єременко

(підпис)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Коваль Катерині Анатоліївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Способи застосування лінгвістич-
них шкал при вимірюваннях і
діагностуванні

науковий керівник дисертації Ірванчук Ніна Анатоліївна, к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. №__

2. Строк подання студентом дисертації – 15.12.2019 р.

3. Об'єкт дослідження процес вимірювання і
діагностування в інтелектуальних системах

4. Вихідні дані для магістерської дисертації впровадження в
інтелектуальну систему з прогнозуванням
допустимого рівня фізичного навантаження
в залежності від результатів вимірювання,
що викликають фізичний стан людини.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 88 с., 23 рис., 26 табл., 1 додаток, 23 джерела.

Підвищення ступеня інтелектуальності систем обробки інформації в сучасних умовах досягається за рахунок використання математичного забезпечення підходів і методів бурхливо розвиваючого в рамках теорії штучного інтелекту нового наукового напрямку, що одержав назву м'які обчислення (soft computing) і м'які вимірювання (soft measurement). Фундаментальною основою цього напрямку є теоретичні засади формалізації знань, що використовуються при організації проектування і функціонування систем, з урахуванням їх неточності і невизначеності, а також їх алгоритмічна обробка при прийнятті рішень або виборі операції підтримки цілеспрямованих дій. Важливим компонентом м'яких обчислень і м'яких вимірювань є нечітка логіка. Для цієї мети розробляють шкали з нечіткою лінгвістичною змінною, які дозволяють використовувати результати вимірювань в системах прийняття рішень і в системах діагностування.

Модель м'яких вимірювань передбачає опис вимірювань в термінах нечітких множин. При цьому неточності відповідає носій нечіткої множини, а невизначеності - відома функція приналежності. В роботі розглянуті способи формування функцій приналежності з урахуванням невизначеності вимірювань.

Магістерська дисертація проводиться в рамках науково-дослідної роботи кафедри інформаційно-вимірювальної техніки «Теоретичні засади застосування м'яких вимірювань в ієрархічних системах». Номер державної реєстрації науково-дослідної роботи U1234567 від 19.06.2018.

Загальною метою роботи є впровадження способів встановлення і застосування лінгвістичних шкал в процедури вимірювання і діагностування з урахуванням невизначеності вимірювання.

Об'єктом дослідження є процес вимірювання і діагностування в інтелектуальних системах.

Предметом дослідження є способи застосування лінгвістичних шкал в процедурах м'яких вимірювань і при діагностуванні.

Методи дослідження засновані на принципах байєсівських інтелектуальних вимірювань, що об'єднують в собі риси теоретико-ймовірнісного підходу, байєсівського підходу і теорії нечітких множин. Фундаментальним поняттям тут є універсальна шкала, яка розширює поняття традиційних шкал репрезентативної теорії вимірювань. Основна ідея, що дозволяє сформувати нечіткі вимірювання, полягає в сполученні лінгвістичної шкали з основною шкалою за рахунок використання загального метричного носія.

В дослідженні розглянуто способи встановлення терм-множини шкали з нечіткою лінгвістичною змінною з урахуванням складових невизначеності вимірювання. Значення розширеної невизначеності у вигляді границь довірчого інтервалу використовуються при обчисленні кількості термів множини і при виборі функції приналежності окремих термів. Якщо сумарна невизначеність вимірювання велика, то її можна зменшити за групуванням впливних факторів і збільшенням кількості правил. Тому встановлення нечіткої терм-множини проводиться за компромісом двох критеріїв: необхідної точності і компактності бази правил. Апробація наведених способів проведена для системи визначення допустимого рівня фізичного навантаження за класифікованими даними щодо фізичного стану користувача системи.

В роботі розглянута система діагностики стану літій-іонних акумуляторів та підбору такого режиму їх роботи, аби продовжити термін їх експлуатації. Розроблено шкали для діагностичних ознак, система правил з використанням пакету MatLab і додатку Fuzzy Logic Designer. Отримано результати щодо категорії стану акумуляторів на основі використання уніфікованих шкал діагностичних ознак і системи нечітких правил.

Доповіді зроблені на XVIII Міжнародній науково-технічній конференції «Приладобудування: стан і перспективи» з доповіддю на тему: «Способи зменшення нечіткості функцій приналежності терм-множини шкали з лінгвістичною змінною» та XII Всеукраїнській науково-практичній конференції «Погляд у майбутнє приладобудування» з доповіддю на тему: «Способи встановлення терм-множини шкали з нечіткою лінгвістичною змінною».

Доповідь на тему «Способи зменшення нечіткості функцій приналежності терм-множини шкали з лінгвістичною змінною» опублікована в збірнику тез доповідей XVIII Міжнародної науково-технічної конференції «Приладобудування: стан і перспективи», доповідь на тему: «Способи встановлення терм-множини шкали з нечіткою лінгвістичною змінною» опублікована в збірнику праць XII Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування»

Ключові слова: ЛІНГВІСТИЧНІ ШКАЛИ, НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ, М'ЯКІ ВИМІРЮВАННЯ, ДІАГНОСТУВАННЯ.

ABSTRACT

Master's Thesis: 88 pages, 23 fig., 26 tables, 1 application, 23 sources.

Increased intelligence information processing systems in modern conditions is achieved by using mathematical software approaches and methods in rapidly developing in the theory of the new AI scientific field, called soft computing (soft computing) and soft measurement (soft measurement). The fundamental basis of this trend is the theoretical basis of formalization of knowledge is used in the design and organization of the operation, according to their inaccuracy and uncertainty, as well as their algorithmic processing for making decisions or choosing operations to support targeted actions. An important component of soft calculations and soft measurements is fuzzy logic. For this purpose, scales with fuzzy linguistic variables are developed that allow the measurement results to be used in decision-making and diagnostic systems.

The soft measurement model provides a description of the measurements in terms of fuzzy sets. Therefore inaccuracy corresponds to the media of the fuzzy set, and the uncertainty - known membership function. Methods of forming membership functions with uncertainty of measurement are considered in the work.

The master's thesis is carried out within the framework of the research work of the department of information and measuring technology "Theoretical bases of application of soft measurements in hierarchical systems". State registration number for research work U1234567 from 06/19/2018.

The overall purpose of the work is to implement ways of establishing and applying linguistic scales in measurement and diagnosis procedures, taking into account measurement uncertainty.

The object of the study is the process of measurement and diagnosis in intelligent systems.

The subject of the study is how to use linguistic scales in soft measurement procedures and in diagnosis.

The research methods are based on the principles of Bayesian intellectual measurements, which combine the features of the theoretical-probabilistic approach,

Bayesian approach and fuzzy set theory. The fundamental concept here is a universal scale that extends the notion of traditional scales of representative measurement theory. The basic idea behind fuzzy measurements is to combine the linguistic scale with the main scale by using a common metric medium.

The methods of establishing a term-set of scale with fuzzy linguistic variable are considered in the research taking into account the components of measurement uncertainty. The values of extended uncertainty in the form of boundaries of the confidence interval are used to calculating the number of terms of the set and to choosing the function of belonging to individual terms. If the total measurement uncertainty is large, it can be reduced by grouping influential factors and increasing the number of rules. Therefore, establishing a fuzzy term-set is compromised by two criteria: the required accuracy and the compactness of the rule base. The following methods are tested for a system for determining the permissible level of physical activity according to the classified data on the physical state of the system user.

This paper deals with the system of diagnostics of the state of lithium-ion batteries and the selection a mode of their operation in order to prolong their life. Scales for diagnostic features, a system of rules using MatLab package and the application Fuzzy Logic Designer were developed. The results for the battery status category were obtained based on the use of unified diagnostic scales and a system of fuzzy rules.

Presentations were made at the XVIII International Scientific and Technical Conference "Instrumentation: Status and Perspectives" with a report on "Ways to reduce the fuzzyness of the membership of a term-set scale with a linguistic variable" and the XII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference on the topic: "Ways to establish a term-set scale with a fuzzy linguistic variable".

Report on "Ways to reduce the fuzzyness of the membership of a term-set scale with a linguistic variable" published in the abstract of the XVIII International Scientific and Technical Conference "Instrumentation: Status and Perspectives", report on the topic: "Ways to set a term-set scale variable "published in the Proceedings of the XII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference of Students, Graduate Students and Young Scientists" A Look into the Future of Instrument Engineering "

Keywords: LINGUISTIC SCALES, UNCERTAINTY MEASUREMENTS, SOFT MEASUREMENTS, DIAGNOSIS.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	12
Вступ	13
Розділ 1. Загальні особливості процедур вимірювання і діагностування	22
Висновок до Розділу 1	24
Розділ 2. Способи формування лінгвістичних шкал	25
2.1. Поняття лінгвістичної шкали	25
2.2. Алгоритм встановлення лінгвістичної шкали	25
2.3. Аналіз неточності семантичного правила і складових невизначеності вимірювання	27
2.4. Визначення форми функції приналежності окремих термів	28
2.5. Врахування невизначеності вимірювання при визначенні індекса нечіткості нечітких підмножин, що характеризують окремі терми	30
2.6. Моделювання нечіткого виведення з застосуванням встановленої лінгвістичної шкали	30
Висновки до Розділу 2	33
Розділ 3. Приклад застосування лінгвістичних шкал при м'яких вимірюваннях	34
3.1. Розробка структурної схеми системи	34
3.2. Вибір окремих блоків системи	37
3.3. Функціонування системи	38
3.4. Аналіз складових невизначеності і формування шкал вимірюваних параметрів	41
3.5. Структура бази правил	42
3.6. Алгоритм функціонування	44
Висновок до Розділу 3	45
Розділ 4. Приклад застосування лінгвістичних шкал при діагностуванні	46
4.1. Об'єкт діагностування	46
4.2. Діагностичні ознаки.	50
4.3. Система моделювання і діагностування.	50

4.4. Побудова шкал з нечіткою ЛЗ для діагностичних ознак “ємність ” і “опір ”	53
Висновок до Розділу 4	58
Розділ 5. Розробка стартап-проекту	59
5.1. Опис ідеї проекту	59
5.2. Технологічний аудит ідеї проекту	65
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту	66
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	73
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту	76
Висновок до Розділу 5	79
Висновки	81
Список використаних джерел	82
Додаток А Публікації	84

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БП – База правил

БЗ – База знань

ЛЗ – Лінгвістична змінна

АТ – Артеріальний тиск

СТ – Систолічний тиск

ДТ – Діастолічний тиск

П – Пульс

ПК – Персональний комп'ютер

ВСТУП

Вимірювання, в репрезентативній теорії [1] розуміють як приписування на основі об'єктивного емпіричного процесу певних символів (як правило, чисел, хоча це і не обов'язково) атрибутам об'єктів або явищ реального світу з метою їх опису.

У термінах даного визначення інформації вимірювання - це символізація, яка відображає емпіричну систему співвідношень класу атрибутів реальних об'єктів або подій в символічну систему за допомогою відображення, яке представляє собою гомоморфізм і є емпіричним і об'єктивним. Як правило, передбачається, що символи - це дійсні числа, хоча ця вимога не є обов'язковою.

Ці фундаментальні принципи є ключовим елементом вимірювальної техніки. Вони засновані на репрезентативній теорії вимірювань та її розширення, що спираються на теорію моделей.

В силу того що вимірювання трактують в широкому сенсі як процес придбання знань, доречним було б зупинитися і на понятті "знання". У випадках, коли мова йде про машинну обробку інформації і знань, знання розуміється в своєму технічному значенні. Воно складається з символічних формул на мові (символьної репрезентативної системи), яка може бути використана для опису позамовних реалій і відношень між ними. Подібні символічні формули є і в теорії вимірювань.

Проведений огляд базових понять теорії інформації та вимірювань дозволяє проаналізувати репрезентативні умови, що лежать в основі символізації і однозначності конкретних побудов. Це особливо важливо при символічному описі тих явищ навколишнього світу, які до цих пір не могли бути описані за допомогою формальних символів. Відповідну теорію можна тепер розглядати як один аспект загальних принципів подання знань.

Репрезентативна теорія вимірювань досить широко представлена в монографіях Пфанцагля [2], Крентця і ін. [3, 4], Робертса [5] і Неренса [6]. До кола проблем теорії вимірювання ці ідеї були введені Фінкелстайном [7]. У

роботах Фінкелстайна [8], Фінкелстайна і Лінінга [9], Фінкелстайна [10] пропонується розвиток цих ідей стосовно вимірювальної техніки і їх розширення.

В інтелектуальних засобах для реалізації символічного подання використовуються шкали з нечіткою лінгвістичною змінною.

Поняття нечіткої і лінгвістичної змінної використовується при описі об'єктів і явищ за допомогою нечітких множин [11]. Нечітка змінна характеризується кортежем

$$(\alpha, X, A),$$

Де α – назва змінної;

X – універсальна множина (область визначення α);

A – непарна множина на X , яка описує обмеження (тобто $\mu_A(x)$) на значення змінної α .

Лінгвістичною нечіткою змінною називають кортеж (β, T, X, G, M) , де:

β – назва лінгвістичної змінної;

T – множина її значень (терм-множина), що представляє собою назву нечітких змінних, областю визначення кожної з яких є множина X . Множина T називається базовою терм-множиною лінгвістичної змінної;

G – синтаксична процедура, яка дозволяє оперувати елементами терм-множини T , а саме, генерувати нові терми (значення);

M – семантична процедура, дозволяє перетворити кожне нове значення лінгвістичної змінної, утворюваною процедурою G , в нечітку змінну, тобто сформувати відповідну нечітку множину.

Приклад: Нехай експерт визначає товщину виробу який виготовляють за допомогою понять «мала товщина», «середня товщина», «велика товщина». При цьому мінімальна товщина дорівнює 10 мм, а максимальна – 80 мм.

Формалізація такого опису може бути проведена за допомогою наступної лінгвістичної змінної:

$$(\beta, T, X, G, M),$$

Де β – товщина виробу;

$$T = \{\text{«мала товщина»}, \text{«середня товщина»}, \text{«велика товщина»}\};$$

$X=[10,80]$;

G – процедура створення нових термів за допомогою зв'язок «І», «АБО» і модифікаторів типу «дуже», «не», «трохи» та інші.

Наприклад: «мала або середня товщина», «дуже мала товщина» та інші;

M – процедура завдання на $X=[10,80]$ нечітких підмножин T_1 - «мала товщина», T_2 - «середня товщина», T_3 - «велика товщина» (рис. 1), а також нечітких множин для термів із G.

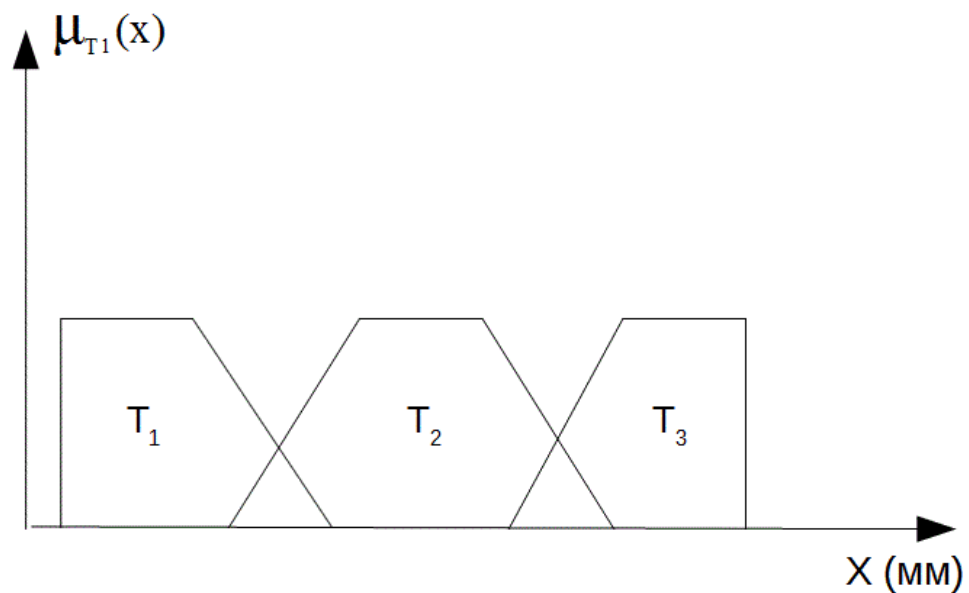


Рис. 1 Ілюстрація нечіткої лінгвістичної змінної

Сучасні теорії інформаційних технологій, інтелектуальних систем, концепції отримання знань та принципи побудови потребують того, щоб мета створення системи ґрунтувалась на усвідомленій цілеспрямованій людській діяльності. Створюючи такі системи, використовують експертні оцінки, нейронні мережі, алгоритми «м'яких» обчислень, методи оптимізації, регресійний аналіз, байєсівські моделі та методи, а також багато інших сучасних підходів і методів.

Досягнення усвідомлених, а потім сформульованих цілей потребує створення інструментальних засобів, які дозволяють скоротити неминуче виникаючі (і зростаючі) витрати, що обмежуються наявними ресурсами. Попит на такого роду засоби породив науковий напрям, головним завданням якого стало поширення і використання знань спеціалістів, що мають найвищу кваліфікацію. Потреба в такого роду засобах викликала до життя в рамках методів та систем

штучного інтелекту спектр інформаційних технологій, покликаних допомогти в справі управління суспільством, виробництвом, торгівлею, кредитною і фінансовими сферами. Найбільш популярними назвами цих технологій є: експертні системи, дорадчі системи, інтелектуальні системи, інформаційні системи підтримки прийняття рішень. Спільною рисою перерахованих технологій можна назвати те, що усі вони в тій чи іншій формі використовують знання людини-експерта. [12]

Дорадчі системи призначені для допомоги у прийнятті рішень у тих випадках, коли виникає проблема пошуку альтернатив і вибору одного правильного рішення. Існуючі методики, як правило, виходять із того, що вже відомі варіанти рішень і наслідки їх прийняття, які фіксуються в матриці рішення. Проте, як показує практика, пошук альтернативних варіантів і побудови функцій, спроможних розрахувати наслідки прийняття того або іншого варіанту, справа далеко не проста.

При роботі над системою мною були розглянуті такі технічні рішення: Модель розрахунку рівня ризику на основі м'якої обчислювальної ієрархічної спортивної активності для підтримки домашніх вправ.

Модель розрахунку рівня ризику на основі м'якої обчислювальної ієрархічної спортивної активності для підтримки домашніх вправ.[13]

Система підтримки прийняття рішень (СППР) (англ. Decision Support System DSS) – є автоматизованою комп'ютерною системою (програмний комплекс), що призначена для допомоги та підтримання різноманітних видів людської діяльності при прийнятті рішень щодо розв'язання слабо структурованих або неструктурованих проблем .

Базова модель має ієрархічну багаторівневу кластерну структуру, що дозволяє легко розширювати модель, а також спрощує процес оцінки. Класифікація вхідних параметрів ґрунтується на логічних зв'язках між ними. Сформульовано три основні групи, що показують, чи належать вони до медичного стану пацієнта, характеризують поведінку спортивної активності або описують умови навколишнього середовища.

В межах основних груп подальша класифікація може бути зроблена на основі постійності таких параметрів, як перманентні параметри (наприклад, стать), квазіпостійні або рідко змінюються (наприклад, хронічні захворювання та заняття), а також змінні в реальному часі (наприклад, , артеріального тиску і частоти серцевих скорочень). З лівої сторони розглядаються фактори ризику, які впливають на розрахований рівень часового ризику. У середині малюнка, три блоки вказують, на який параметр належить група факторів ризику. Найвищий рівень ієрархії можна знайти на правій стороні. Він обчислює фактичний рівень ризику на основі вхідних даних, що надходять від проблемних груп. Основні групи утворюють підсистеми моделі. Їх внесок у загальний рівень ризику розраховується окремо під час обробки. Підсистеми, включаючи різні параметри, оцінюються в реальному часі, тоді як решту моделі оцінюють в автономному режимі (до початку оцінки в режимі реального часу).

Медичний стан пацієнта характеризується групою медичних станів, що є найважливішою і найскладнішою підсистемою, оскільки особистісні умови в основному визначають навантажувальну здатність пацієнта, а найбільш взаємодію між вхідними факторами можна знайти в цій групі. Першим вхідним фактором цієї групи є хворобливі стани, включаючи серед інших таких хронічних захворювань, як гіпертонія, діабет і серцеві захворювання. Ці захворювання належать до квазіпостійних факторів; однак, тяжкість захворювань може змінюватися час від часу. Другий вхід - поточна підсистема фізичного стану, яка надає інформацію про фактичний стан пацієнта. Про це свідчать виміряні параметри, такі як частота серцевих скорочень, систолічний та діастолічний тиск крові. Деякі пов'язані метрики та фактори, які впливають на них, також використовуються як вхідні параметри для створення функцій членства, специфічних для пацієнта. Налаштування функції приналежності докладно описана в. Моніторинг цих значень в режимі реального часу забезпечує безперервне управління, таким чином це найбільш важлива підсистема з точки зору оцінки в реальному часі. Вхідним фактором, базовою фізичною інформацією, є використовуються для типізації основних характеристик і умов життя пацієнта.

Психічний стрес є особливо важливим фактором в цій підсистемі. Хоча, він має більш слабкий вплив на фізіологічні параметри, ніж фізична активність, він може значно збільшити частоту серцевих скорочень.

Для характеристики навичок спортивної активності пацієнта використовується підсистема активності навантаження. Субфактори описують, наскільки інтенсивно (Інтенсивність), як довго за час (Тривалість), і скільки разів на тиждень (Частота) пацієнт робить цю діяльність

Нарешті, третя основна підсистема Екологічного стану використовує комбіновані субфактори для характеристики середовища. Температура поєднується з фактичною вологістю (TH) і вітром (TW) через їх вплив на теплові відчуття. Ця група має більше значення у випадку спорту на відкритому повітрі, але вологість і температура разом можуть впливати на рівень ризику в приміщенні.

Рівні ризику підсистем на всіх рівнях ієрархії обчислюються за допомогою оцінки на основі нечіткої логіки. Поточний фізичний стан, медичний стан і загальна підсистема розрахунку рівня ризику - це ті частини моделі, які беруть участь у оцінці в реальному часі. Правила були встановлені за допомогою тренера.

Система якості повітря.

Індекс якості повітря формується за американським стандартом EPA, який передбачає чотири рівні.[14]

Українець Любомир Мілевський розробив спеціальний Telegram-бот, який попереджає про погіршення якості повітря в Києві. Як зізнався автор програми - житель столиці, ідея прийшла йому в голову після чергового смогу над містом .

Програма #aqualitybot показує середнє значення для Києва, і дані автоматично оновлюються щогодини. У разі, коли індекс підніметься вище 101, бот проінформує користувачів про небезпеку.

Індекс якості повітря формується за американським стандартом EPA, який передбачає чотири рівні:

1) 0-50 - все в порядку, можна гуляти на вулиці і займатися спортом;

2) 51-100 - ризик незначний, гуляти можна, але рекомендується провітрювати приміщення;

3) 101-150 - є ризик для здоров'я, без необхідності краще не виходити на прогулянку;

4) більш 151 - виходити на вулицю без захисної маски небезпечно.

Пристрій для визначення якості повітря.

Прилад називається Breathum. [15] Це прилад для комплексної оцінки якості повітря. До нього можна підключити будь-який сенсор. Прилад реагує на летючі органічні сполуки, які шкідливі для людського організму.

Прилад дає людям можливість самостійно вимірювати якість повітря біля будинку, на своєму робочому місці. Breathum - це інтерактивна система моніторингу якості повітря на базі мікроконтролера. Контролер NodeMCU - це макетна плата, яка продається в магазині. З неї можна створити все, що завгодно, наприклад, не тільки аналізатор повітря, але і «розумний» світильник. Не продається лише програмний код - програму потрібно написати, створивши на базі цього контролера датчик комплексної оцінки якості повітря. Все залежить від того, яким програмним забезпеченням ви його наситили. Плата підключається до автономного джерела живлення - акумуляторів, потім - до Wi-Fi або до контактної мережі. І свідчення з датчиків виводяться на екран монітора - на спеціально створений сайт - у вигляді графіків. На графіках ви бачите зони безпеки: безбарвна - безпечна, жовта - в повітрі є небезпечні домішки, червона - гранично допустимі концентрації (ГДК) летких з'єднань в повітрі перевищені.

У кожного датчика в його технічних характеристиках позначений радіус виміру, показання коригуються з урахуванням температури і вологості повітря. Аналізатори для закритих приміщень вже існують, а ось таких приладів, які вимірювали б якість повітря біля будинку або біля робочого місця, ще немає.

Breathum буде доступний за ціною пересічному споживачеві. Він не вимагає сертифікації, тому буде не дуже дорогим. Якщо людина купує собі спортивний тренажер, то йому по кишені і такий аналізатор повітря. Професійні аналізатори

для приміщень стоять дуже дорого, таке придбання може дозволити собі тільки організація.

Система бездротового вимірювання.

Wi-Fi і 802.11 a / b / g: Стандарт IEEE 802.11 включає ряд специфікацій для технології бездротової локальної мережі. По суті, стандарт відноситься до інтерфейсу over-the-air між бездротовим клієнтом і базовою станцією, а також до ряду специфікацій для По суті, стандарт відноситься до інтерфейсу over-the-air між комунікацією між двома бездротовими з'єднаннями. клієнтів. IEEE 802.11 визначає швидкість зв'язку 1 або 2 Мбіт / с в діапазоні 2,4 ГГц. Способи передачі включають в себе спектр сплеску частот (FHSS) і спектр прямого поширення (DSSS)

802.11a є розширенням стандарту 802.11, який застосовується до бездротових локальних мереж (LAN) і забезпечує до 54 Мбіт / с в смузі 5 ГГц. 802.11a використовує іншу схему кодування, відому як кодування ортогонального мультиплексування з розділенням вільної мови, що робить цей стандарт несумісним з повсюдними стандартами 802.11b і тепер g

802.11b є розширенням стандарту, який зазвичай називають Wi-Fi і є тим, що робить бездротові мережі популярними в будинках і офісах. Ця зміна забезпечує швидкість передачі даних 11 Мбіт / с в діапазоні 2,4 ГГц. Основною відмінністю між b та g є більш висока швидкість передачі даних. 802.11g забезпечує 20 Мбіт / с або вище, залежно від умов навколишнього середовища та шуму.

Основні характеристики IEEE 802.11:

Частота роботи: b / g - 2,4 ГГц, a - 5 ГГц.

Швидкість передачі даних: a / b / g - 11 Mbps, a / g - 54 Mbps

Відстань: b / g - 100m, a - 50m

Мережа: вкажіть на багатоточку

Споживання енергії: високий

Загальною задачею побудови інтелектуальних систем є питання побудови шкали з нечіткою лінгвістичною змінною з урахуванням невизначеності і цим

питанням присвячена моя подальша робота в якій я досліджую застосування лінгвістичних шкал при вимірюваннях і діагностуванні.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕДУР ВИМІРЮВАННЯ І ДІАГНОСТУВАННЯ

Необхідність аналізу спільності процедур експериментальної інформації обумовлена тим, що в інтелектуальних засобах вимірювальної техніки, як правило використовуються декілька процедур експериментальної інформатики, крім того, одні процедури експериментальної інформатики можуть включати інші. Наприклад, вимірювальний контроль включає в себе вимірювання і контроль; вимірювання залежності включає вимірювання і ідентифікацію; моніторинг включає експериментальне дослідження, прогнозування та інше.

Процедура вимірювання і діагностування мають багато спільних рис.

Вимірювання – це відображення величини, що зветься числом.

Діагностування – це відображення загального стану об'єкта і причин цього стану діагнозом з позначенням особливостей стану і локалізацією відхилення від норм.

Вони мають спільну послідовність і як вимірювання, так і діагностування можуть мати шкалу з нечіткою лінгвістичною змінною.[11]

Вимірювання і діагностування відносяться до процедур експериментальної інформатики. Загальною рисою цих процедур є відображення певних властивостей об'єкта на основі експериментальних даних. При вимірюваннях має місце відображення розміру величини, при діагностуванні відображення загального стану об'єкта і причин цього стану діагнозом з позначенням особливостей стану і локалізацією відхилень від норм. Зіставлення процедур вимірювання і діагностування свідчить про наявність загальних етапів при виконанні цих процедур. Першими в послідовності є етапи, що пов'язані з об'єктом вимірювання і діагностування. Вони полягають у визначенні самого об'єкта і мети вимірювання і діагностування. Метою вимірювання є отримання інформації про значення параметрів об'єкта. Метою діагностування – визначення

технічного стану об'єкта і отримання кількісної та якісної інформації про дефекти об'єкта. Після цього складається модель вимірювання і діагностична модель, які враховують у певному вигляді метрологічні і діагностичні параметри. В технічній діагностиці ці параметри називають прямими або опосередкованими діагностичними ознакам, при вимірюваннях – параметрами, що підлягають прямим або опосередкованим вимірюванням.

Після цього обирають конкретні вимірювані або діагностичні параметри чи ознаки. До них висувають вимоги вимірюваності, інформативності та інваріантності. Вимірюваність ознак чи параметрів означає можливість їх безпосереднього сприйняття первинними перетворювачами з метою подальшого вимірювання. Інформативність означає, що вони несуть суттєву інформацію про властивості об'єкта. Інваріантність означає те, що параметри і ознака мало чутливі до впливних величин і завад.

Наступним етапом є вибір методів вимірювання і діагностування, і це є основою для вибору засобів вимірювання і діагностування. Після цього вибирають алгоритми опрацювання вимірювальної і діагностичної інформації, за допомогою яких отримують результати вимірювання і діагностування.

А ще ближчими є процедури вимірювання і діагностування, які пов'язані з подальшим застосуванням і впровадженням нечіткої логіки. Якщо це стосується вимірювань, то їх кінцевим результатом є певні рівні або градації, що відповідають шкалі з нечіткою лінгвістичною змінною (ЛЗ). Шкала з нечіткою ЛЗ визначається за певними елементами терм – множини і відповідає конкретному носію множини за метричною шкалою. Для перетворення вимірювальної інформації використовується операція фаззіфікація, що дозволяє приписати відповідні нечіткі множини, які є елементами терм – множини ЛЗ, значенням, отриманим в результаті вимірювання, з урахуванням їх невизначеності.

Шкала з нечіткою ЛЗ визначається кортежем $\langle \beta, T, X, G, M \rangle$, де β – найменування вимірювання величини; T – найменування окремих термів ЛЗ; X – область визначення носія терм – множини за метричною шкалою (діапазон вимірювання); G – синтаксичні операції, за якими можуть формуватися нові

терми при удосконаленні шкали з нечіткою ЛЗ; М – семантична процедура формування функцій приналежності окремих елементів терм – множини нечіткої ЛЗ. Всі складові кортежу визначаються при формуванні шкали з нечіткою ЛЗ.

При діагностуванні теж виділяють множину S рівнів певної діагностичної ознаки і визначають відношення порядку між цими рівнями. Найменування термів, що відповідають цим рівням, теж знаходяться у відношенні порядку або у відношенні домінування. На основі результату вимірювання діагностичної ознаки визначається рівень шкали з нечіткою ЛЗ або елемент терм – множини, якому відповідає результат вимірювання. Фаззіфікований результат використовується у подальшому для визначення стану об'єкта за однією або декількома діагностичними ознаками.

Так як при формуванні шкали з нечіткою ЛЗ, що використовується при вимірюваннях і при діагностуванні, є багато спільного, задачею дослідження стали питання, пов'язані з подальшим впровадженням таких шкал в системах вимірювання і діагностування.

Проведене порівняння вказує на методологічну близькість методик виконання метрологічної та діагностичної процедур. Процедура вимірювання і діагностування мають, як спільну послідовність, так і шкалу з нечіткою лінгвістичною змінною.

Висновок до РОЗДІЛУ 1: Проаналізовані загальні особливості процедур вимірювання і діагностування і виявлена методологічна близькість методик виконання метрологічної та діагностичної процедур.

РОЗДІЛ 2

СПОСОБИ ФОРМУВАННЯ ЛІНГВІСТИЧНИХ ШКАЛ

2.1. Поняття лінгвістичної шкали.

В інтелектуальних вимірювальних системах результати вимірювань використовуються при нечітких виведеннях і нечітких обчисленнях. Тому в таких системах має місце поліморфізм, тобто відображення вимірювальних властивостей декількома шкалами, а саме метричною шкалою і шкалою з нечіткою лінгвістичною змінною (ЛЗ)

При формуванні лінгвістичних шкал використовується поняття нечіткої ЛЗ, що характеризується, як було зазначено раніше кортежем:

$$\langle x, T(x), U, G, M \rangle$$

де x - назва ЛЗ, тобто назва вимірювальної величини; $T(x)$ - терм-множина, тобто множина імен (назв) окремих термів, що характеризують певну частину діапазону вимірюваної величини; U - універсальна множина, а саме діапазон вимірюваної величини; G - синтаксичне правило, на основі якого можна створювати нові імена ЛЗ; M - семантичне правило, яке ставить у відповідність кожному елементу множини U , нечітку множину з обраною функцією приналежності.

Якщо звернутись до визначення шкали, що наведено в [16]; "measurement scale" це "ordered set of quantity values of quantities of a given kind of quantity used in ranking, according to magnitude, quantities of than kind", то можна визначити лінгвістичну шкалу як впорядкований ряд імен термів (нечітких підмножин), носії яких відповідають певним частинам діапазону вимірюваної величини.

2.2. Алгоритм встановлення лінгвістичної шкали.

На основі проведених досліджень можна запропонувати частинну послідовність або алгоритм встановлення або відтворення лінгвістичної шкали:

- визначення кількості термів множини і їх границь;
- аналіз неточності семантичного правила і складових невизначеності вимірювання;

- визначення форми функції приналежності окремих термів;
- врахування невизначеності вимірювання при визначенні індекса нечіткості нечітких підмножин, що характеризують окремі терми;
- апробація або моделювання нечіткого виведення з застосуванням встановленої лінгвістичної шкали.

Якщо при моделюванні нечіткого виведення були відмічені недоліки встановленої шкали, процедуру встановлення треба удосконалювати. При відтворенні шкали з ЛЗ спочатку визначається кількість термів і їх чіткі границі у відповідності з існуючими рекомендаціями, настановами, нормативними документами, тощо. Якщо такої інформації немає, використовуються інтуїтивні функції приналежності, які на підсвідомому рівні використовує людина [17]. Для того, щоб експертним шляхом визначити ширину терма, можна скористатись поняттям критичної точки функції приналежності терма, під якою розуміють точку зі ступенем приналежності, що дорівнює 0,5.

Після цього аналізуються складові невизначеності, що супроводжують результати вимірювання за метричною шкалою і ті, що пов'язані з визначенням термів ЛЗ. Як приклад можна навести шкалу вимірювання артеріального тиску (АТ) людини в системі визначення допустимого рівня фізичного навантаження [13]. За аналізом літературних джерел інструментальна складова невизначеності вимірювання АТ складає ± 3 мм рт. ст., нестабільність латентного параметру АТ протягом доби становить 10 мм рт. ст. За медичними рекомендаціями встановлено 11 термів ЛЗ з областю визначення кожного від 10 до 20 мм рт. ст. Якщо врахувати такі впливні фактори, як вік, стать, наявність певних захворювань, то індекс нечіткості окремих функцій приналежності (ФП) термів ЛЗ стає занадто великим. Зменшити індекс нечіткості до певної межі можна за рахунок збільшення бази правил. Але при цьому необхідно знайти компроміс між критеріями точності при побудові шкали і критеріями компактності бази правил [18].

Тому в даній роботі розглянуто способи встановлення терм-множини шкали з нечіткою ЛЗ зі врахуванням двох критеріїв: допустимої точності і компактності бази знань.

2.3. Аналіз неточності семантичного правила і складових невизначеності вимірювання.

Лінгвістичні шкали складаються з якісних оцінок фізичної величини, стану об'єктів та систем. Формалізація якісних оцінок ускладнена по-перше лінгвістичною невизначеністю понять (наприклад "малий", "невеликий"), а по-друге суб'єктивністю сприйняття цих понять різними експертами. При створенні математичного апарату, що може забезпечити адекватний опис і формалізацію невизначеності такого ряду якраз і використовуються нечіткі ЛЗ, індекс нечіткості функцій приналежності яких залежить від неточності семантичного правила. Таким чином носій функції приналежності окремого терма повинен відповідати границям неточності семантичного правила.

Якщо при встановленні границь термів використовуються певні узгоджені норми, то границі є чіткими, а подальше урахування нечіткості пов'язане з можливими складовими невизначеності, що можуть впливати на зміну границь. І першою складовою такої невизначеності є невизначеність від неповної ідентифікації об'єкта при встановленні шкали. Тобто є можливість уточнення шкали за повною ідентифікацією об'єкта (для даної роботи це стать, вік, стан здоров'я користувача), але ми цією можливістю не користуємося, тому не хочемо збільшувати кількість правил бази знань.

Так, середня зміна границь тиску від нормального з віком становить ± 7 мм рт. ст.. Це вимагає введення 3-х вікових груп (з різними границями і правилами) з внутрішньо-груповою зміною $\pm 2,3$ мм рт. ст.. Залежність границь тиску від статі незначна, тому стать людини при формуванні бази правил за тиском не враховується.

Якщо звернутись до [16], то така складова невизначеності відповідає дефініційній невизначеності, що виникає внаслідок обмеженої кількості деталей у визначенні вимірюваної величини.

(Definitional uncertainty – component of measurement uncertainty resulting from the finite amount of detail in the definition of measurement)

При вимірюванні АТ мають місце такі складові невизначеності: інструментальна невизначеність, що обумовлена похибками вимірювального приладу (для даної системи ± 3 мм рт. ст.), нестабільність латентного параметру – тиску людини (що за літературними даними дорівнює ± 5 мм рт. ст.). Виходячи з цих даних орієнтовна ширина терму повинна дорівнювати приблизно 20 мм рт. ст.. При класифікації рівнів АТ на T_1 – знижений, T_2 – нормальний, T_3 – підвищений, T_4 – високий, T_5 – дуже високий, границі термів залежать від віку, статі, наявності певних захворювань, тощо.

Перелік складових невизначеності, що впливають на індекс нечіткості функції приналежності окремих термів наведено на Рис. 2.1.

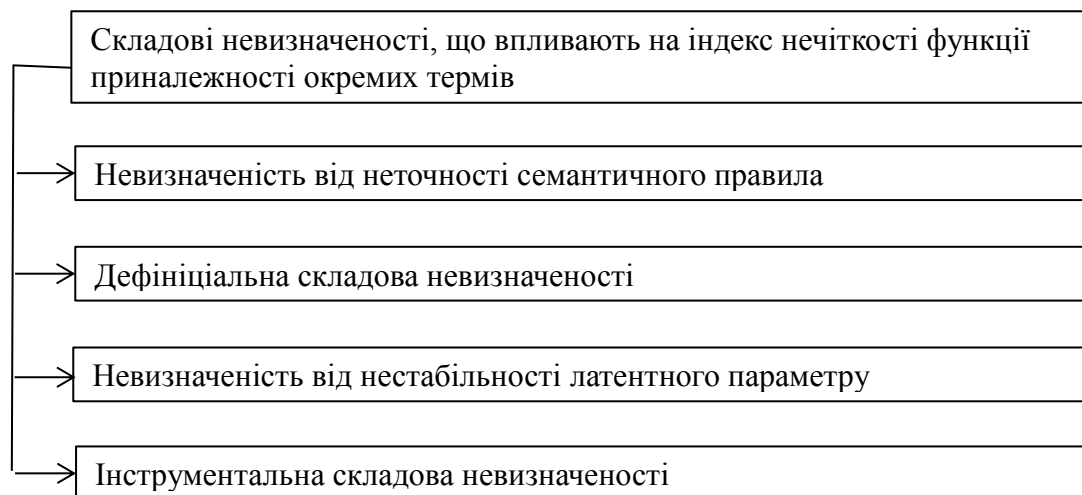


Рис. 2.1 Систематизація складових невизначеності

Загальний довірчий інтервал можливої зміни АТ для однієї терм-множини з ймовірністю 0,95 становить ± 7 мм рт. ст.

2.4. Визначення форми функції приналежності окремих термів

При практичному застосуванні теорії нечітких множин використовується велика кількість різних типів функцій приналежності. Але доволі часто використовуються функції приналежності, що складаються з прямолінійних ділянок, що обумовлені їх простотою. Суттєвою перевагою багатокутових функцій приналежності є те, що для їх визначення необхідний найменший (у порівнянні з іншими) об'єм інформації, що обмежується даними з кутових точок.

У випадку трапецієподібної функції приналежності (Рис.2.2) використовуються наступні логічні змінні [17]:

$$\omega_1 = \begin{cases} 1 & \text{для } a \leq x \leq b, \\ 0 & \text{в інших випадках,} \end{cases} \quad (2.1)$$

$$\omega_2 = \begin{cases} 1 & \text{для } b \leq x \leq c, \\ 0 & \text{в інших випадках,} \end{cases} \quad (2.2)$$

$$\omega_3 = \begin{cases} 1 & \text{для } c \leq x \leq d, \\ 0 & \text{в інших випадках,} \end{cases} \quad (2.3)$$

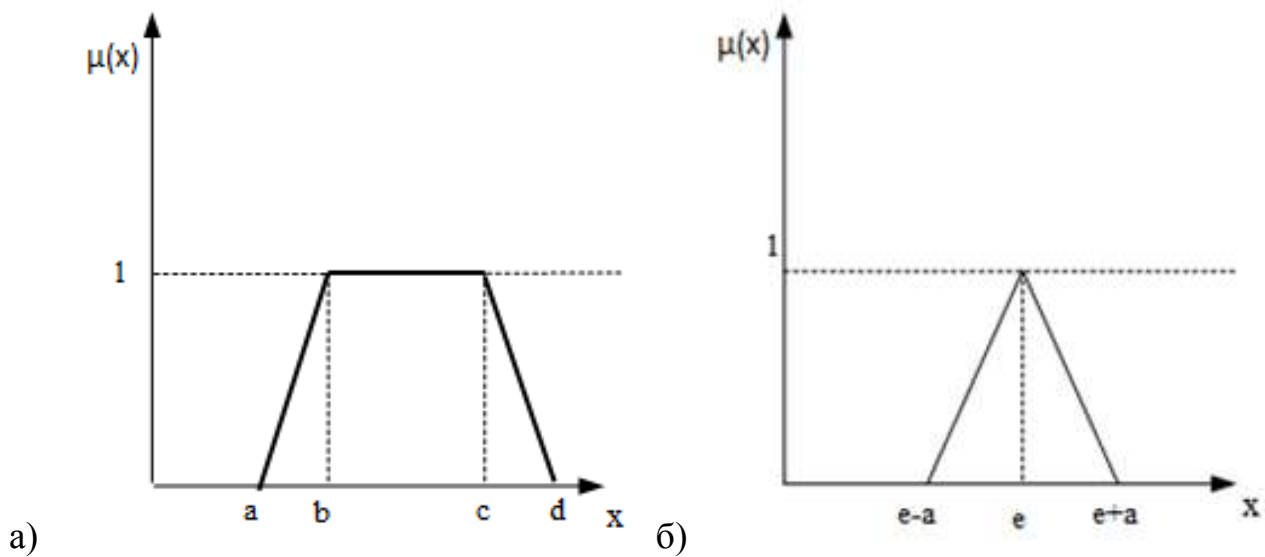


Рис. 2.2 Трапецієподібна і трикутна функції приналежності

Функція приналежності, що має форму асиметричної трапеції може бути подана як:

$$\mu(x) = \omega_1 * \left(\frac{x-a}{b-a} \right) + \omega_2 + \omega_3 * \left(\frac{d-x}{d-c} \right) \quad (2.4)$$

У випадку симетричної трикутної трапеції потрібно ввести тільки одну логічну змінну ω :

$$\omega = \begin{cases} 1 & \text{для } (e-a) \leq x < (e+a), \\ 0 & \text{в інших випадках,} \end{cases} \quad (2.5)$$

Функція приналежності може бути подана як:

$$\mu(x) = \omega * \left(\frac{a - |x-e|}{a} \right) \quad (2.6)$$

2.5. Врахування невизначеності вимірювання при визначенні індекса нечіткості нечітких підмножин, що характеризують окремі терми.

Приклад побудови шкали для систолічного тиску з врахуванням невизначеності. Середня зміна границь тиску від нормального з віком становить ± 7 мм рт. ст.. Це вимагає введення 3-х вікових груп (з різними границями і правилами) з внутрішньо-груповою зміною $\pm 2,3$ мм рт. ст.. Залежність границь тиску від статі незначна, тому стать людини при формуванні бази правил за тиском не враховується. Загальний довірчий інтервал можливої зміни АТ для однієї терм-множини з ймовірністю 0,95 становить ± 7 мм рт. ст.

Шкала для систолічного тиску представлена на (Рис. 2.3).

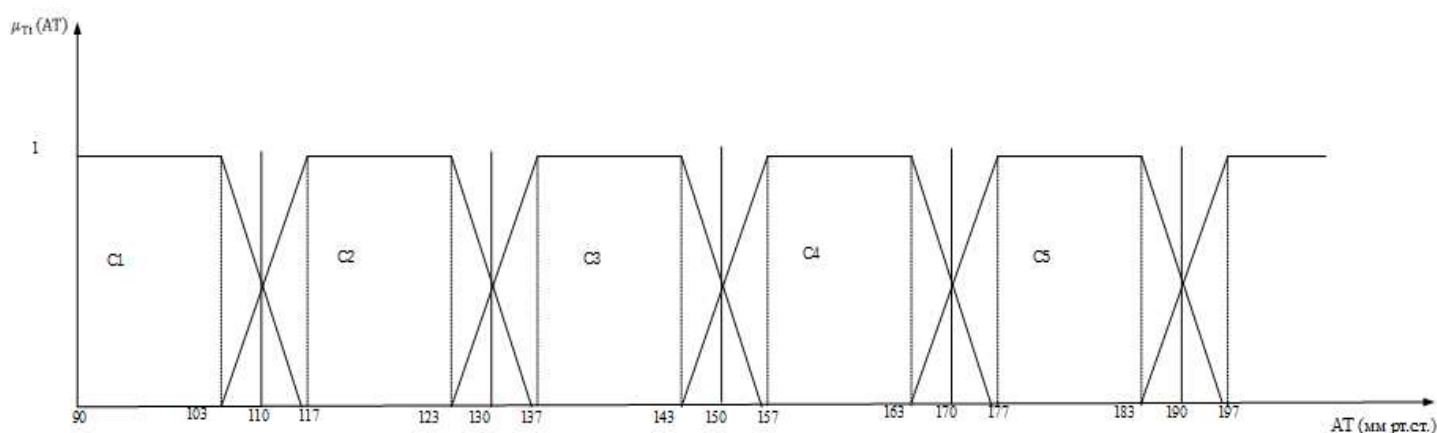


Рис. 2.3 Шкала для систолічного тиску

2.6. Моделювання нечіткого виведення з застосуванням встановленої лінгвістичної шкали

Кількість правил нечіткого виведення залежить від кількості вікових груп і груп з певними захворюваннями.

Тому в прикладі нечіткого виведення використовується нечітке правило для середньої вікової групи без певних захворювань. Кількість антецедентів визначається кількістю термів кожної множини ЛЗ «Систолічний тиск (СТ)», «Діастолічний тиск (ДТ)», « Пульс (П)».

Правило представлено у вигляді нечіткого відношення «якщо СТ, ДТ, П – Х, тоді рівень навантаження – Y», де множина Y складається з 6 термів: $T_1(Y)$ – екстра легкий (рівень навантаження $<50\%$), $T_2(Y)$ – дуже легкий (рівень навантаження $50-60\%$), $T_3(Y)$ – легкий (рівень навантаження $60-70\%$), $T_4(Y)$ –

помірний (рівень навантаження 70-85%), $T_5(Y)$ – складний (рівень навантаження 85-95%), $T_6(Y)$ – максимально складний (рівень навантаження 95-100%) [13].

Таблиця 2.1

Матриця нечіткого відношення «якщо X , то Y »

Терми X	$T_1(Y)$	$T_2(Y)$	$T_3(Y)$	$T_4(Y)$	$T_5(Y)$	$T_6(Y)$
Знижений $T_1(X)$	0	0	0,5	0,8	1	0,8
Нормальний $T_2(X)$	0	0	0	0,5	0,8	1
Трохи підвищений $T_3(X)$	0	0,5	0,8	1	0	0
Підвищений $T_4(X)$	0,5	0,8	1	0	0	0
Високий $T_5(X)$	1	0,8	0,5	0	0	0

Для прикладу (табл.2.1) обрано середню вікову групу (40 - 60 років).

Значення границь параметрів у окремих термах множини ЛЗ:

$T_1(x \rightarrow \text{СТ})$ – 90-110, $T_2(x \rightarrow \text{СТ})$ – 110-130, $T_3(x \rightarrow \text{СТ})$ – 130-150, $T_4(x \rightarrow \text{СТ})$ – 150-170, $T_5(x \rightarrow \text{СТ})$ – 170-190 (мм рт. ст.)

$T_1(x \rightarrow \text{ДТ})$ – 55-65, $T_2(x \rightarrow \text{ДТ})$ – 65-80, $T_3(x \rightarrow \text{ДТ})$ – 80-95, $T_4(x \rightarrow \text{ДТ})$ – 95-110, $T_5(x \rightarrow \text{ДТ})$ – 110-120 (мм рт. ст.)

$T_1(x \rightarrow \text{П})$ – 50-60, $T_2(x \rightarrow \text{П})$ – 60-70, $T_3(x \rightarrow \text{П})$ – 70-80, $T_4(x \rightarrow \text{СТ})$ – 80-90, $T_5(x \rightarrow \text{СТ})$ – 90-100 (мм рт. ст.)

Виконане моделювання на основі результатів вимірювання параметрів, що характеризують стан трьох користувачів для демонстрації роботи системи, з метою отримання рекомендацій щодо допустимого рівня фізичного навантаження. Система розрізняє ці стани і дає чітку рекомендацію.

Результати вимірювань:

Користувач 1: СТ - 120 мм рт. ст., ДТ – 75 мм рт. ст.; П – 68 уд/хв;

Користувач 2: СТ - 180 мм рт. ст., ДТ – 100 мм рт. ст., П – 84 уд/хв;

Користувач 3: СТ - 100 мм рт. ст., ДТ – 60 мм рт. ст., П – 57 уд/хв.

За віковою групою і впливними величинами обрано шкалу класифікації і отримано результат нечіткої класифікації стану користувача (РНК):

Користувач 1:

РНК1: $СТ \rightarrow T_2(X) \mid 1$; $ДТ \rightarrow T_2(X) \mid 0,8$; $T_3(X) \mid 0,2$; $П \rightarrow T_2(X) \mid 1$;

Після взаємодії класифікації даних з матрицею (табл.2.1) отримуємо:

СТ: $T_4(Y) \mid 0,5$; $T_5(Y) \mid 0,8$; $T_6(Y) \mid 1$;

ДТ: $T_2(Y) \mid 0,1$; $T_3(Y) \mid 0,16$; $T_4(Y) \mid 0,6$; $T_5(Y) \mid 0,64$; $T_6(Y) \mid 0,8$;

П: $T_4(Y) \mid 0,5$; $T_5(Y) \mid 0,8$; $T_6(Y) \mid 1$;

Результати виведення з нормалізацією:

СТ: $T_4(Y) \mid 0,22$; $T_5(Y) \mid 0,35$; $T_6(Y) \mid 0,43$;

ДТ: $T_4(Y) \mid 0,26$; $T_5(Y) \mid 0,29$; $T_6(Y) \mid 0,35$;

П: $T_4(Y) \mid 0,22$; $T_5(Y) \mid 0,35$; $T_6(Y) \mid 0,43$;

Об'єднаний нечіткий результат щодо рівня фізичного навантаження:

ОФП1: $T_4(Y) \mid 0,23$; $T_5(Y) \mid 0,33$; $T_6(Y) \mid 0,44$

Користувач 2:

РНК: $СТ \rightarrow T_5(X) \mid 1$; $ДТ \rightarrow T_3(X) \mid 0,2$; $T_4(X) \mid 0,8$; $П \rightarrow T_4(X) \mid 1$;

Після взаємодії класифікації даних з матрицею (табл.1) отримуємо:

СТ: $T_1(Y) \mid 1$; $T_2(Y) \mid 0,8$; $T_3(Y) \mid 1$;

ДТ: $T_1(Y) \mid 0,4$; $T_2(Y) \mid 0,74$; $T_3(Y) \mid 0,96$; $T_4(Y) \mid 0,2$;

П: $T_1(Y) \mid 1$; $T_2(Y) \mid 0,8$; $T_3(Y) \mid 0,5$;

Об'єднаний нечіткий результат щодо рівня фізичного навантаження після нормалізації:

ОФП2: $T_1(Y) \mid 0,33$; $T_2(Y) \mid 0,33$; $T_3(Y) \mid 0,34$;

Користувач 3:

РНК: $СТ \rightarrow T_1(X) \mid 1$; $ДТ \rightarrow T_1(X) \mid 1$; $П \rightarrow T_1(X) \mid 1$;

Після взаємодії класифікації даних з матрицею (табл.2.1) отримуємо:

СТ: $T_3(Y) \mid 0,5$; $T_4(Y) \mid 0,8$; $T_5(Y) \mid 1$; $T_6(Y) \mid 0,8$;

ДТ: $T_3(Y) \mid 0,5$; $T_4(Y) \mid 0,8$; $T_5(Y) \mid 1$; $T_6(Y) \mid 0,8$;

П: $T_3(Y) \mid 0,5$; $T_4(Y) \mid 0,8$; $T_5(Y) \mid 1$; $T_6(Y) \mid 0,8$;

Об'єднаний нечіткий результат щодо рівня фізичного навантаження після нормалізації:

ОФПЗ: $T_3(Y) \mid 0,16$; $T_4(Y) \mid 0,26$; $T_5(Y) \mid 0,32$; $T_6(Y) \mid 0,26$;

На основі нечітких рекомендацій з рівня навантаження можемо провести процедуру дефазіфікації. Тобто перетворити нечітку множину в чіткий результат.

Ц.Т₁=92%, Ц.Т₂=54%, Ц.Т₃=86%

Проаналізувавши дані які отримані після дефазіфікації, можна надати такі рекомендації:

Користувач 1 – рекомендована складна інтенсивність фізичного навантаження; користувач 2 – рекомендована дуже легка інтенсивність фізичного навантаження; користувач 3 – рекомендована помірна інтенсивність фізичного навантаження.

Таким чином система виведення розрізняє отримані дані про фізичний стан користувачів за розробленою шкалою і забезпечує необхідні рекомендації.

Висновок до РОЗДІЛУ 2: На основі розгляду літературних джерел сформована послідовність встановлення шкали з лінгвістичною змінною, а саме основні етапи, складові невизначеності вимірювання, визначені форми функції приналежності, змодельоване нечітке виведення з застосуванням встановленої лінгвістичної шкали.

РОЗДІЛ 3

ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНГВІСТИЧНИХ ШКАЛ ПРИ М'ЯКИХ ВИМІРЮВАННЯХ

3.1. Розробка структурної схеми системи

В інтелектуальних вимірювальних системах результати вимірювань використовуються при нечітких виведеннях і нечітких обчисленнях. Тому в таких системах має місце поліморфізм, тобто відображення вимірювальних властивостей декількома шкалами, а саме метричною шкалою і шкалою з нечіткою лінгвістичною змінною. При відтворенні шкали з ЛЗ спочатку визначається кількість термів і їх чіткі границі у відповідності з існуючими рекомендаціями, настановами, нормативними документами, тощо. Якщо такої інформації немає, використовуються інтуїтивні функції приналежності, які на підсвідомому рівні використовує людина. Для того, щоб експертним шляхом визначити ширину терма, можна скористатись поняттям критичної точки функції приналежності терма, під якою розуміють точку зі ступенем приналежності, що дорівнює 0,5.

Медичний стан пацієнта характеризується групою медичних станів, що є найважливішою і найскладнішою підсистемою, оскільки особистісні умови в основному визначають навантажувальну здатність пацієнта, а найбільш взаємодію між вхідними факторами можна знайти в цій групі. Першим вхідним фактором є хворобливі стани, включаючи серед інших таких хронічних захворювань, як гіпертонія, діабет і серцеві захворювання.

Якщо врахувати такі впливні фактори, як вік, стать, певні захворювання, то індекс нечіткості окремих функцій приналежності термів ЛЗ стає занадто великим. Зменшити індекс нечіткості до певної межі можна за рахунок збільшення бази правил. Але при цьому необхідно знайти компроміс між критеріями точності при побудові шкали і критеріями компактності бази правил.

Норма артериального давления по возрасту (мм рт. ст.)

Возраст	Давление (минимальный показатель)	Давление (средний показатель)	Давление (максимальный показатель)
 20 - 24 лет	108 / 75	120 / 79	132 / 83
25 - 29 лет	109 / 76	121 / 80	133 / 84
30 - 34 лет	110 / 77	122 / 81	134 / 85
35 - 39 лет	111 / 78	123 / 82	135 / 86
 40 - 44 лет	112 / 79	125 / 83	137 / 87
45 - 49 лет	115 / 80	127 / 84	139 / 88
50 - 54 лет	116 / 81	129 / 85	142 / 89
55 - 59 лет	118 / 82	131 / 86	144 / 90
60 - 64 лет	121 / 83	134 / 87	147 / 91

Рис. 3.1 Норми артеріального тиску за віком

Проаналізувавши норми артеріального тиску за віком, враховуючи вік від 20 до 64 років, було виявлено, що середня зміна границь тиску від нормального з віком становить ± 7 мм рт. ст. (Рис. 3.1). Враховуючи похибки для систолічного тиску та діастолічного ± 3 мм рт. ст., також нестабільність латентного параметру ± 5 мм рт. ст. ми бачимо що ми збільшуємо нечіткість, тому беремо зміну границь ± 2 мм рт. ст., щоб зберегти точність і компактність. Це вимагає введення 3-х вікових груп (з різними границями і правилами) з внутрішньо-груповою зміною ± 2 мм рт. ст. Залежність границь тиску від статі незначна, тому стать людини при формуванні бази правил за тиском не враховується.

Аналізуючи зміни тиску за статтю, бачимо, що стать мало впливає на зміну тиску. Тому у введенні окремих груп для чоловіків і жінок немає потреби. (Рис. 3.2)

Вік, років	Мінімальний нормальний показник АТ, мм рт. ст.		Максимальний нормальний показник АТ, мм рт. ст.	
	чоловіки	жінки	чоловіки	жінки
1-10	100/60		120/78	
10-20	115/70	110/70	134/83	138/85
20-40	117/77	110/75	137/87	132/83
40-60	120/82	112/79	144/90	137/87
Більше 60	145/78	144/82	147/83	159/91

Рис. 3.2 Норми тиску за статтю

База знань формується за віком та за наявністю хвороб. Вікові групи: до 20 років, 20-40 років, 40-60. Про наявність хвороб: хвороби відсутні, наявність хвороб. Пройшовши реєстрацію користувач отримує функції приналежності, які підходять саме для нього.

На основі проведеного огляду і аналізу технічних рішень була розроблена структурна схема вимірювальної системи з прогнозуванням допустимого рівня фізичного навантаження (Рис. 3.3).

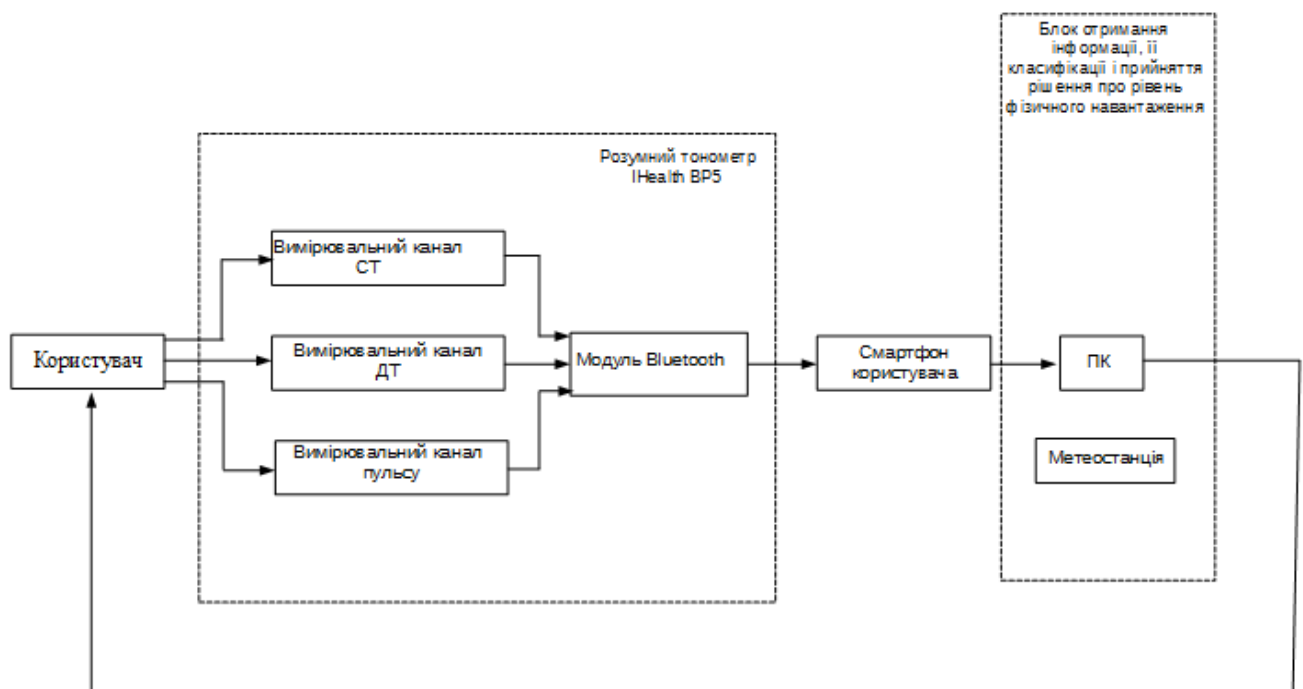


Рис. 3.3 Узагальнена структурна схема вимірювальної системи з прогнозуванням допустимого рівня фізичного навантаження.

3.2. Вибір окремих блоків системи

На структурній схемі розумний тонометр знаходиться біля користувача і вимірює такі показники: систолічний тиск, діастолічний тиск та пульс. Дані передаються на модуль Bluetooth, потім на смартфон користувача, з використанням email дані передаються на блок отримання інформації, її класифікації і прийняття рішення про фізичні навантаження. Користувач отримує повідомлення про рекомендований рівень фізичного навантаження та смартфон.

Розумний тонометр iHealth Feel Wireless Blood Pressure Monitor (BP5) [19] має наступні технічні характеристики:

- Зручність і портативність: Feel Wireless Blood Pressure Monitor (BP5) від компанії iHealth працює за принципом класичного тонометра з автоматичним надуванням рукава, але при цьому відрізняється куди більшою зручністю експлуатації, так як не вимагає підключення ні додаткових проводів, ні будь-яких інших пристроїв. Вбудований акумулятор об'ємом 400 мАч забезпечить тривалий час роботи без підзарядки, а завдяки своїй легкості - портативність.

- Сучасні технології і загальновизнане якість: iHealth Feel Wireless Blood Pressure Monitor (BP5) відрізняється клінічної точністю показників, за що схвалений такими організаціями як BHS і dabl, а Управління по санітарному нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів США (FDA) затвердило його в якості повноцінного медичного обладнання. При цьому, для його використання потрібно всього лише надіти рукав на ліву руку, запустити додаток iHealth MyVitals і натиснути на кнопку запуску пристрою. В процесі вимірювання смартфон покаже наочний графік серцебиття в реальному часі, після чого видасть показники систолічного і діастолічного тиску, а також частоту серцевих скорочень.

- Інтеграція в систему iHealth: iHealth Feel Wireless Blood Pressure Monitor (BP5) здатний вести довгострокові графіки вимірів вашого артеріального тиску, а інтеграція з системою iHealth забезпечує синхронізацію показників з іншими розумними медичними пристроями, завдяки чому ви будете мати більш повну

картину свого фізичного стану. Крім того, тонометр сумісний з додатками Apple HealthKit, а також S Health від Samsung.

- Універсальність розумного тонометра: Розумний тонометр використовує бездротове підключення Bluetooth 3.0 з прискореної передачею даних EDR, що підвищує ефективність отримання інформації на ваш смартфон. Всі вимірювання захищені і доступні тільки вам, але при цьому ви маєте можливість відправити їх по електронній пошті, наприклад, вашого лікаря, експортувавши дані в зручний, загальноприйнятий формат .PDF, .XLS або .CSV. Також, рукав пристрою підходить під широкий діапазон розмірів рук - від 22-х до 42-х см в окружності

Паспортні дані обраного тонометра iHealth Feel Wireless Blood Pressure Monitor (BP5):

Сумісність: iOS 8 і вище, Android 4.0 і вище

Бездротове підключення:

Bluetooth V 3.0 + EDR Class 2 SPP

Основні Акумулятор: 3.7 V, Li-ion

Об'єм акумулятора: 400 мАг

Розміри пристрою (без рукава): 145 мм × 58 мм × 30 мм

Відповідні розміри рук: 22 - 42 см Вага (без рукава): 135 г

Живлення: 5.0 V, 1.0 A

Робоча температура: 5 ° ~ 35 ° C

Робочий рівень вологості: <90%

Температура зберігання і транспортування: -20 ° ~ 55 ° C

Вологість при зберіганні і транспортуванні: <95%.

Діапазони вимірювань:

Діапазон систолічного тиску: 60-260 ± 3 мм рт. ст.

Діапазон діастолічного тиску: 40-199 ± 3 мм рт. ст.

Діапазон вимірюваної ЧСС: 40 -180 ± 5% ударів у хвилину

3.3. Функціонування системи

В ПК відбувається попередня реєстрація (вік, стать, хронічні захворювання) щоб по даним користувача з бібліотеки можна було вибрати потрібні функції

приналежності і надати правильні рекомендації щодо рівня фізичного навантаження

Рис. 3.4 пояснює функціонування основних підсистем структурної схеми

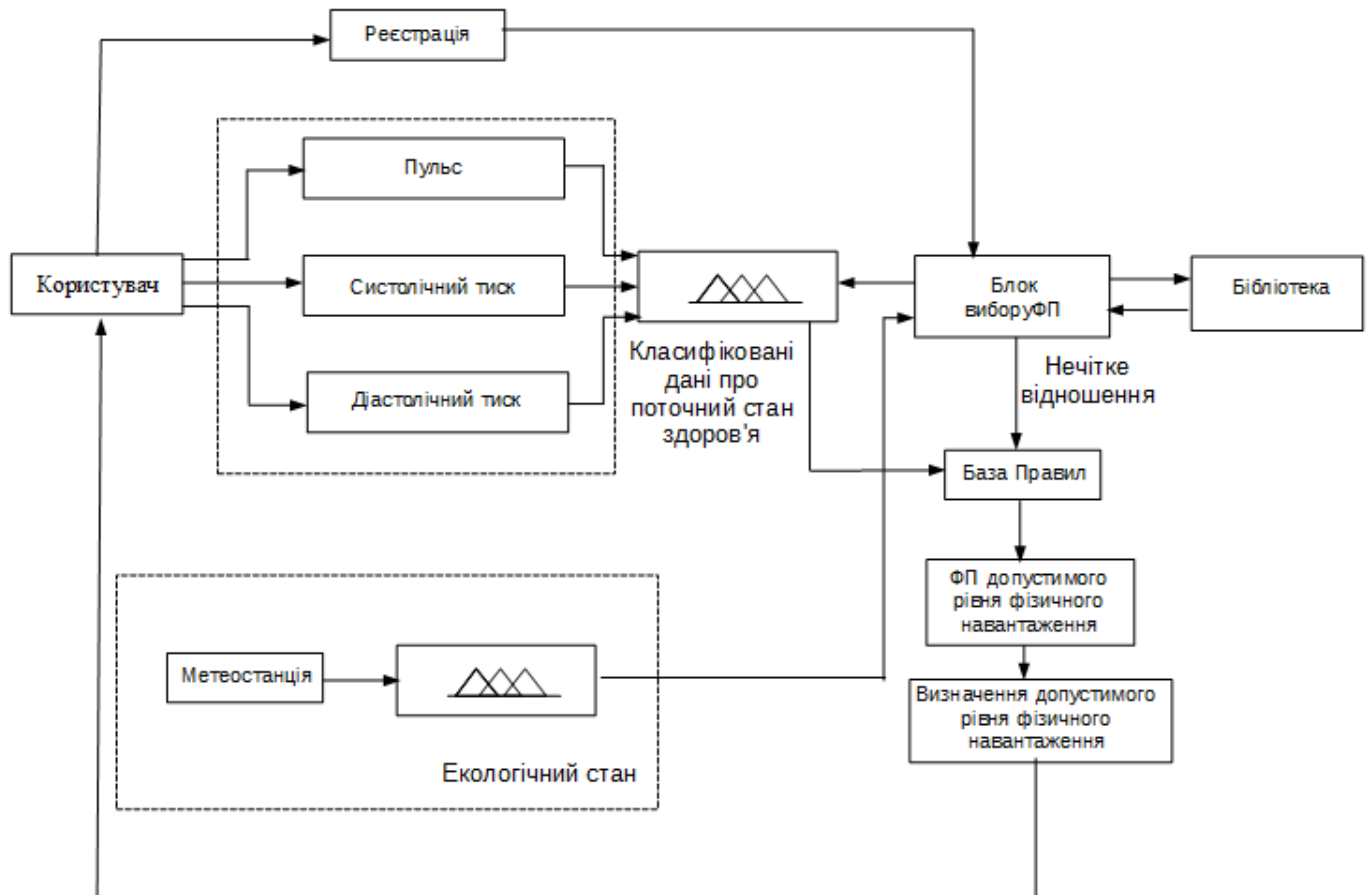


Рис. 3.4 Ілюстрація функціонування системи

Базова модель має ієрархічну багаторівневу структуру, що дозволяє легко розширювати модель, а також спрощує процес оцінки. Класифікація вхідних параметрів ґрунтується на логічних зв'язках між ними. Сформульовано три основні групи, що показують, чи належать вони до медичного стану пацієнта, характеризують поведінку спортивної активності або описують умови навколишнього середовища.

В межах основних груп подальша класифікація може бути зроблена на основі таких параметрів, як вік, хронічні захворювання. Середня зміна границь тиску від нормального з віком становить ± 7 мм рт. ст.. Це вимагає введення 3-х вікових груп (з різними границями і правилами) з внутрішньо-груповою зміною $\pm 2,3$ мм рт. ст.. Залежність границь тиску від статі незначна, тому стать людини

при формуванні бази правил за тиском не враховується. Медичний стан пацієнта характеризується групою медичних станів, фактором цієї групи є хворобливі стани, включаючи такі хронічні захворювання, як гіпертонія, діабет і серцеві захворювання.

Допустима інтенсивність навантаження при заняттях спортом приведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Допустима інтенсивність

Інтенсивність %	Рекомендовано для	Допустима інтенсивність
<50%	Лікування, реабілітація, серцева хвороба	Екстра легко
50-60-%	Профілактика, новачок	Дуже легко
60-70%	Новачок, базова підготовка	Легко
70-85%	Люди, які займаються регулярно	Помірно
85-95%	Спортсмени	Складно
95-100%	Дуже досвідчені спортсмени	Максимально складно

Реєстрація: Структура ґрунтується на моделі, як показано на (Рис. 3.3). З лівої сторони розташований користувач який реєструється, вводить свої дані про вік та захворювання і з бібліотеки функцій приналежності отримує класифіковані дані про поточний стан здоров'я. Тобто код який відповідає його віковій групі і захворюванням, якщо вони є.

Вимірювання систолічного тиску, діастолічного та пульсу, оцінка невизначеності вимірювання.

3.4. Аналіз складових невизначеності і формування шкал вимірюваних параметрів

При вимірюванні мають місце такі складові невизначеності: інструментальна невизначеність, що обумовлена похибками вимірювального приладу (для даної системи ± 3 мм рт. ст.), нестабільність латентного параметру – тиску людини (що за літературними даними дорівнює ± 5 мм рт. ст.). Загальний довірчий інтервал можливої зміни АТ для однієї терм-множини з ймовірністю 0,95 становить ± 7 мм рт. ст.

Класифікація поточного стану здоров'я: При класифікації рівнів АТ на T_1 – знижений, T_2 – нормальний, T_3 – підвищений, T_4 – високий, T_5 – дуже високий, границі термів залежать від віку, статі, наявності певних захворювань, тощо.

Значення границь параметрів у окремих термах множини ЛЗ:

$T_1(x \rightarrow \text{СТ}) - 90-110$, $T_2(x \rightarrow \text{СТ}) - 110-130$, $T_3(x \rightarrow \text{СТ}) - 130-150$, $T_4(x \rightarrow \text{СТ}) - 150-170$, $T_5(x \rightarrow \text{СТ}) - 170-190$ (мм рт. ст.)

$T_1(x \rightarrow \text{ДТ}) - 55-65$, $T_2(x \rightarrow \text{ДТ}) - 65-80$, $T_3(x \rightarrow \text{ДТ}) - 80-95$, $T_4(x \rightarrow \text{ДТ}) - 95-110$, $T_5(x \rightarrow \text{ДТ}) - 110-120$ (мм рт. ст.)

$T_1(x \rightarrow \text{П}) - 50-60$, $T_2(x \rightarrow \text{П}) - 60-70$, $T_3(x \rightarrow \text{П}) - 70-80$, $T_4(x \rightarrow \text{СТ}) - 80-90$, $T_5(x \rightarrow \text{СТ}) - 90-100$ (мм рт. ст.)

Загальний вигляд функцій приналежності:

$$\mu_{Ai} = \begin{cases} 0 & x \leq a_i \\ \frac{x - a_i}{b_i - a_i} & a_i \leq x \leq b_i \\ 1 & b_i \leq x \leq c_i \\ \frac{d_i - x}{d_i - c_i} & c_i \leq x \leq d_i \\ 0 & d_i \leq x \end{cases} \quad (3.1)$$

Наприклад для систолічного тиску 2 терму функція приналежності:

$$\mu_{A2} = \begin{cases} 0 & x \leq 103 \text{ мм рт. ст.} \\ \frac{x - 103}{117 - 103} & 103 \text{ мм рт. ст.} \leq x \leq 117 \text{ мм рт. ст.} \\ 1 & 117 \text{ мм рт. ст.} \leq x \leq 123 \text{ мм рт. ст.} \\ \frac{137 - x}{137 - 123} & 123 \text{ мм рт. ст.} \leq x \leq 137 \text{ мм рт. ст.} \\ 0 & 137 \text{ мм рт. ст.} \leq x \end{cases} \quad (3.2)$$

Якщо, систолічний тиск 120 мм рт. ст., тоді результат класифікації $T_2(Y) \mid 1$, якщо 125 мм рт. ст., тоді якщо $T_2(Y) \mid 0,85$; $T_3(Y) \mid 0,15$

3.5. Структура бази правил

База правил: Кількість антецедентів визначається кількістю термів кожної множини ЛЗ «Систолічний тиск (СТ)», «Діастолічний тиск (ДТ)», «Пульс (П)».

Правило представлено у вигляді нечіткого відношення «якщо СТ, ДТ, П – X, тоді рівень навантаження – Y», де множина Y складається з 6 термів: $T_1(Y)$ – екстра легкий (рівень навантаження <50%), $T_2(Y)$ – дуже легкий (рівень навантаження 50-60%), $T_3(Y)$ – легкий (рівень навантаження 60-70%), $T_4(Y)$ – помірний (рівень навантаження 70-85%), $T_5(Y)$ – складний (рівень навантаження 85-95%), $T_6(Y)$ – максимально складний (рівень навантаження 95-100%).

Таблиця 3.2.

Матриця нечіткого відношення «якщо X, то Y»

Терми X	$T_1(Y)$	$T_2(Y)$	$T_3(Y)$	$T_4(Y)$	$T_5(Y)$	$T_6(Y)$
$T_1(X)$	0	0	0,5	0,8	1	0,8
$T_2(X)$	0	0	0	0,5	0,8	1
$T_3(X)$	0	0,5	0,8	1	0	0
$T_4(X)$	0,5	0,8	1	0	0	0
$T_5(X)$	1	0,8	0,5	0	0	0

Для прикладу виконане моделювання на основі результатів вимірювання параметрів, що характеризують стан користувача для демонстрації роботи системи, з метою отримання рекомендацій щодо допустимого рівня фізичного навантаження. Система розрізняє ці стани і дає чітку рекомендацію.

Результати вимірювань:

Користувач 1: СТ - 120 мм рт. ст., ДТ – 75 мм рт. ст.; П – 68 уд/хв;

За віковою групою і впливними величинами обрано шкалу класифікації і отримано результат нечіткої класифікації стану користувача (РНК):

РНК: $СТ \rightarrow T_2(X) \mid 1$; $ДТ \rightarrow T_2(X) \mid 0,8$; $T_3(X) \mid 0,2$; $П \rightarrow T_2(X) \mid 1$;

Після взаємодії класифікації даних з матрицею (табл.1) отримуємо:

СТ: $T_4(Y) \mid 0,5$; $T_5(Y) \mid 0,8$; $T_6(Y) \mid 1$;

ДТ: $T_2(Y) \mid 0,1$; $T_3(Y) \mid 0,16$; $T_4(Y) \mid 0,6$; $T_5(Y) \mid 0,64$; $T_6(Y) \mid 0,8$;

П: $T_4(Y) \mid 0,5$; $T_5(Y) \mid 0,8$; $T_6(Y) \mid 1$;

Результати виведення з нормалізацією:

СТ: $T_4(Y) \mid 0,22$; $T_5(Y) \mid 0,35$; $T_6(Y) \mid 0,43$;

ДТ: $T_4(Y) \mid 0,26$; $T_5(Y) \mid 0,29$; $T_6(Y) \mid 0,35$;

П: $T_4(Y) \mid 0,22$; $T_5(Y) \mid 0,35$; $T_6(Y) \mid 0,43$;

Об'єднаний нечіткий результат щодо рівня фізичного навантаження:

ОФП: $T_4(Y) \mid 0,23$; $T_5(Y) \mid 0,33$; $T_6(Y) \mid 0,44$;

Друга підсистема це система екологічного стану, використовує дані про поточний стан навколишнього середовища використовуючи інформації з метеостанцій. Ця група має більше значення у випадку спорту на відкритому повітрі, але вологість і температура разом можуть впливати на рівень ризику в приміщенні.

Проаналізувавши дані про поточний стан, погодні умови, захворювання якщо вони є, система виведення розрізняє отримані дані про фізичний стан користувачів за розробленою шкалою і забезпечує необхідні рекомендації про допустимі норми фізичного навантаження.

Визначення допустимого рівня фізичного навантаження: На основі нечітких рекомендацій з рівня навантаження можемо провести процедуру дефазифікації.

Тобто перетворити нечітку множину в чіткий результат.

$$\text{Ц. Т.} = \frac{0,23 \times 80\% + 0,33 \times 90\% + 0,44 \times 100\%}{0,23 + 0,33 + 0,44} = 92\% \quad (3.3)$$

Користувач отримує повідомлення з проаналізованими даними які отримані після дефазифікації і з рекомендаціями.

Користувачу рекомендована складна інтенсивність фізичного навантаження; Таким чином система виведення розрізняє отримані дані про фізичний стан користувачів за розробленою шкалою і забезпечує необхідні рекомендації

3.6. Алгоритм функціонування

Алгоритм функціонування Системи МКП наведено на Рис. 3.5

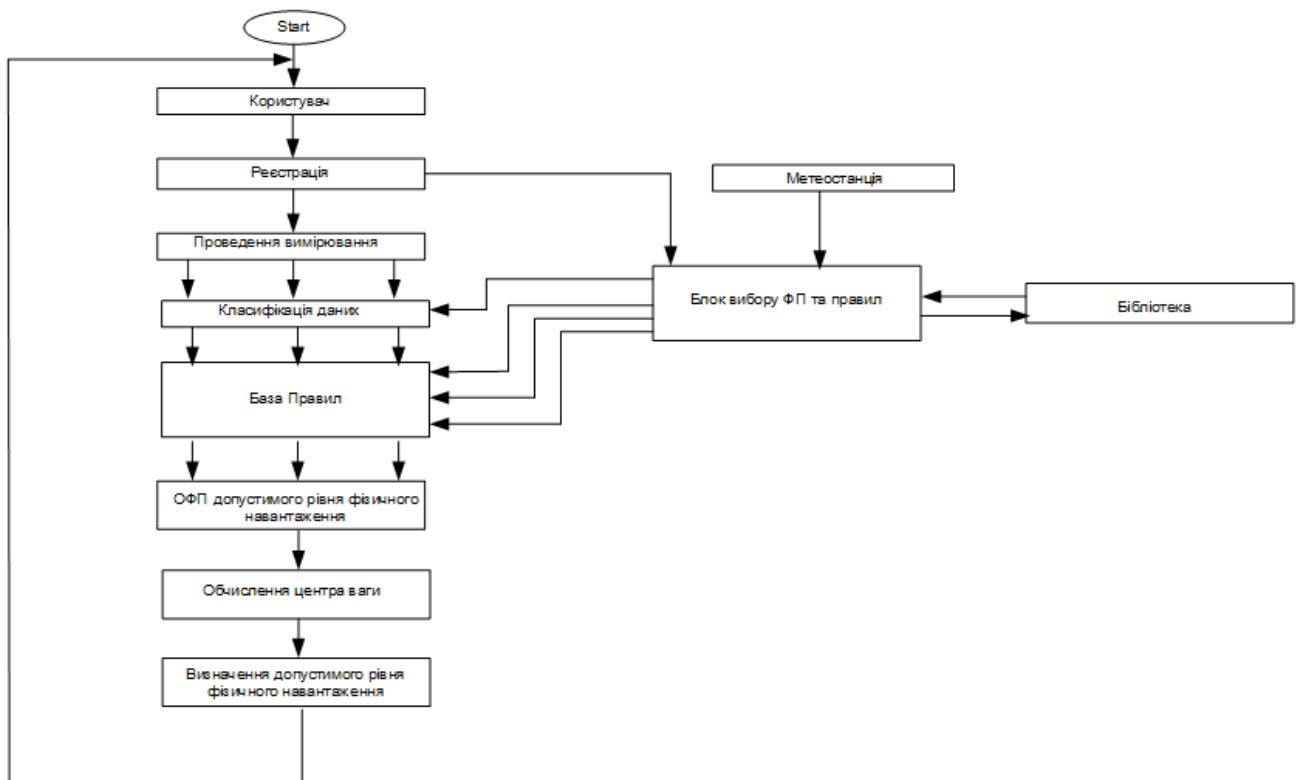


Рис. 3.5 Алгоритм функціонування системи МКП

Робота починається з того, що користувач бере смартфон і проходить реєстрацію в якому зазначає свій вік і наявність хвороб, або ж відсутність. Далі дані переходять на блок вибору функцій приналежності та правил і за допомогою бібліотеки обираються підходящі функції приналежності. Після реєстрації відбувається вимірювання систолічного тиску, діастолічного та пульсу. Результат

вимірювання накладається на шкалу та за максимумом перерізу результату вимірювання обираються номери термів та степені приналежності. Обчислюється центр ваги і користувач отримує повідомлення про допустимий рівень фізичного навантаження.

У ході дослідження було виконано огляд існуючих систем прийняття рішень про рівень фізичного навантаження при заняттях спортом.

Передача вимірюваних параметрів у даній системі відбувається за допомогою технології Bluetooth.

Висновок до РОЗДІЛУ 3: На основі літературних джерел було визначено кількість термів ЛЗ і їх границі, проаналізовані складові невизначеності вимірювання, обрано функції прямокутної форми. Було розраховано функції належності результатів вимірювання ДТ, СТ та пульсу, враховуючи нестабільність латентного параметру. Розроблено структурну схему і алгоритм функціонування з урахуванням вікових категорій. Проаналізовані складові невизначеності і сформовані шкали вимірюваних параметрів. Сформовано базу правил та розроблено спосіб об'єднання результатів композиції нечітких даних вимірювань і нечітких відношень СТ, ДТ та пульсу. Також було розроблено спосіб обчислення центру ваги ОФП при наявності лінгвістичних даних.

РОЗДІЛ 4

ПРИКЛАД ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНГВІСТИЧНИХ ШКАЛ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ

4.1. Об'єкт діагностування

Метою даного розділу є діагностування акумуляторів з метою дослідження і розробки шляхів продовження його життєдіяльності.

Принцип роботи акумулятора порівняно простий (рис. 4.1). Акумулятор складається з двох електродів, кожен з яких з'єднаний з електричним ланцюгом, розділеним електролітом. Часто електроди фізично відокремлюються бар'єрним матеріалом, який заважає їм увійти в фізичний контакт один з одним, що призводить до короткого замикання акумулятора. У режимі розряду, коли акумулятор служить для проведення електричного струму, на негативному електроді (аноді) відбувається процес окислення, в результаті чого електрони рухаються від електрода через ланцюг.

Комплементарний процес відновлення відбувається на позитивному електроді (катоді), поповненому електронами з ланцюга. Напруга в комірці багато в чому залежить від різниці потенціалів електродів, а загальний процес відбувається спонтанно. Для вторинних акумуляторів процес може бути реверсованим, а зовнішня електрика може використовуватися для отримання додаткових окислювально-відновних реакцій на електродах. Цей процес є енергозалежним і неспонтанним.

Спонтанні окислювально-відновлювальні процеси на електродах призводять до електричного струму через ланцюг. У режимі заряду (електролітична комірка) на електродах відбуваються окислювально-відновлювальні процеси, що призводять до зміни спонтанного процесу.

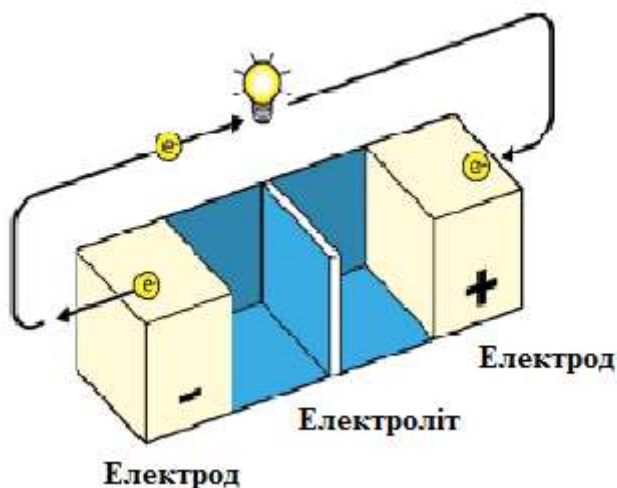


Рис. 4. 1 Принцип роботи акумулятора в режимі розряду
(гальванічний елемент)

Акумулятор виготовляється із змінних дисків із двох металів, один з яких олово чи цинк, а другий мідь чи срібло, розділені шарами картону чи шкіри, змоченими у водному електроліті. Кожна пара металевих дисків та шар електроліту складають акумуляторний елемент. Під час роботи, у випадку з Zn / Cu , метал цинку діяв як анод, випускаючи в ланцюг електрони і виробляючи іони металів (окислення), тоді як протилежна реакція електрода залежала від умов роботи. За наявності повітря мідний метал частково окислюється до CuO , а на електроді відбувається відновлення CuO до Cu . За відсутності повітря протони електроліту замість цього зводяться до газу водню на поверхні міді. Напруга в комірці становить приблизно 0,8-1,1 В. Підключаючи полюси всього пристрою, Вольта міг продемонструвати, як отриманий струм може генерувати іскру.

Обмежена щільність енергії та потужність розроблених акумулятор були досягнуті з використанням літію. Літій також має дуже низький стандартний потенціал, що робить його придатним для акумуляторів високої напруги. Однак літій є відносно реакційноздатним металом, який, наприклад, має бути захищений від води та повітря. Тому використання літію було надзвичайно важливим для розвитку акумуляторів.

Металевий літій повинен служити анодом в акумуляторах, тому особливу увагу було приділено виявленню відповідних катодних матеріалів. Після

досліджень іонної провідності в твердих тілах особливий інтерес представляли матеріали з високим потенціалом відновлення, які змогли вмістити іони літію з високою швидкістю передачі.

Назву літій-іонні акумулятори одержали через те, що електричний струм в зовнішньому колі з'являється через перенос літієвих іонів від анода до катода на основі різних сполук (Рис. 4.2).

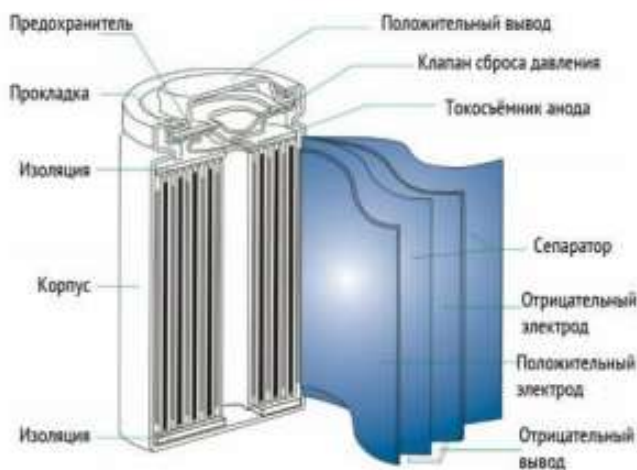


Рис. 4.2 Конструкція літій-іонного акумулятора

Принцип роботи Li-ion акумуляторів заснований на переміщенні позитивно заряджених іонів літію Li^+ між позитивними й негативними електродами в процесі розрядки й зарядки. Металевий літій у цих процесах участі не бере, тому не виникає будь-яких проблем з відновленням електродів, що забезпечує стабільність і безпеку при використанні батареї. [23]

Наявність негативного електрода, який приймає і віддає іони, є загальним для всіх систем, але існує широкий вибір матеріалів, придатних для реалізації позитивного електрода й здатних забезпечувати різницю потенціалів між електродами до 3 В.

Для нормальної роботи будь-якої електрохімічної батареї необхідно як мінімум три компоненти: два електроди й електроліт, що забезпечує перенос іонів. У малогабаритних батареях електроліт може бути твердим, рідким і желеподібним. Рідкі електроліти застосовуються, як правило, у клеєних

циліндричних батареях, але через високу небезпеку займання вони не знайшли застосування в інших системах.

На основі стало можливим створення тонких і плоских батарей, але з невеликим діапазоном робочих температур та малою потужністю.

Перевагами літій-іонних акумуляторів є висока енергетична щільність, низький саморозряд та те, що вони не вимагають обслуговування при використанні.

Але при механічних пошкодженнях акумулятори часто бувають вогнебезпечними. Також не можна використовувати акумулятори, які мають малу силу струму в пристроях яким потрібна велика сила струму, в такому випадку спрацює захист на самому пристрої або акумулятор нагріється і можливе загорання та вибух. Літієві акумулятори проявляють схильність до вибухових самозаймань. Інтенсивність горіння навіть від маленьких акумуляторів така, що призводить до тяжких наслідків.

На сьогоднішній день залишається не вирішеною проблема продовження терміну життя акумуляторів.

Термін служби літій-іонного акумулятору, як правило, визначається як кількість повних циклів заряду-розряду, щоб досягти порогу відмови з точки зору втрати ємності або збільшення імпедансу. Таблиця виробників зазвичай використовує слово "тривалість циклу", щоб вказати тривалість життя за кількістю циклів, щоб досягти 80% від номінальної ємності акумулятора. Неактивне зберігання цих акумуляторів також зменшує їх ємність.

На тривалість циклу роботи акумулятора впливає безліч різних факторів напруги, включаючи температуру, струм розряду, струм заряду та стан заряду (глибина розряду). Акумулятори не заряджаються повністю і не розряджаються в реальних програмах, таких як смартфони, ноутбуки та електрокари, а отже, визначення часу роботи акумулятора за допомогою повних циклів розряду може бути помилковим.

Після десяти або більше років використання літій-іонна батарея більше не підходить для свого первісного призначення. Акумулятор часто зберігає достатню

ємність для виконання так званих функцій другого життя, таких як стаціонарні накопичувачі енергії на вітряних або сонячних електростанціях.

4.2. Діагностичні ознаки.

Кількість енергії, яку акумулятор може зберігати (ємність акумулятора), виражається в ампер-годинах при встановленій швидкості розрядки. Для великих елементів темп розрядки зазвичай складає 10 годин. Зі зменшенням ємності швидкість розрядки збільшується. Тому акумулятори ємністю 60 Агод при темпі розрядки в 10 годин, буде забезпечувати струм 6 А протягом 10 год, перш ніж настане момент коли акумулятор буде вважатися розрядженим. Швидкість розрядки часто називають С-швидкістю, в числовому виразі це те саме, що і номінальна ємність.

Граничне значення, при якому елемент вважається розрядженим, також залежить від швидкості розрядки. Ємність акумулятора або елемента може бути визначена при заданій навколишній температурі (зазвичай 20°C). Більш низька температура зменшує ефективну ємність, зменшується і максимальний струм, більш висока температура дещо збільшує як ємність, так і максимальний струм.

Якщо, вимірювати споживання струму під час роботи, то це дасть можливість підрахувати вимоги до акумуляторів.

4.3. Система моделювання і діагностування.

Система моделювання і діагностування акумуляторів розробляється в університеті прикладних наук Technische Hochschule Mittelhessen на факультеті Control, Computer and Communication Engineering.

Ідея проекту полягає в моделюванні за допомогою в MATLAB з використанням Simulink та блоків FuzzyLogicDesigner підібрати такий режим роботи літій-іонних акумуляторів аби продовжити термін їх використання.

Так як акумулятори старіють за різними факторами, основними являються втрата ємності і втрата потужності або збільшення опору.

Система складається з таких основних блоків: 10 акумуляторів, 10 контролерів, зарядної станції та мережі (Рис. 4.3)



Рис. 4.3 Загальний вигляд системи

Блок Batteries складається з 10 контролерів та 10 акумуляторів.

Літій іонні акумулятори реалізовані за допомогою лінійних функцій:

$$R = \int [I \cdot k_1 + T \cdot k_2 + B_R] dt + R_{init} \quad (4.1)$$

$$C = \int [I \cdot k_3 + T \cdot k_4 + B_C] dt + C_{init} \quad (4.2)$$

$$SoC = SoC_{init} + \int \frac{Idt}{C_{init}} \quad (4.3)$$

В контролерах визначається категорія акумуляторів та заряджати їх чи видавати енергію в мережу (Рис.4.4)

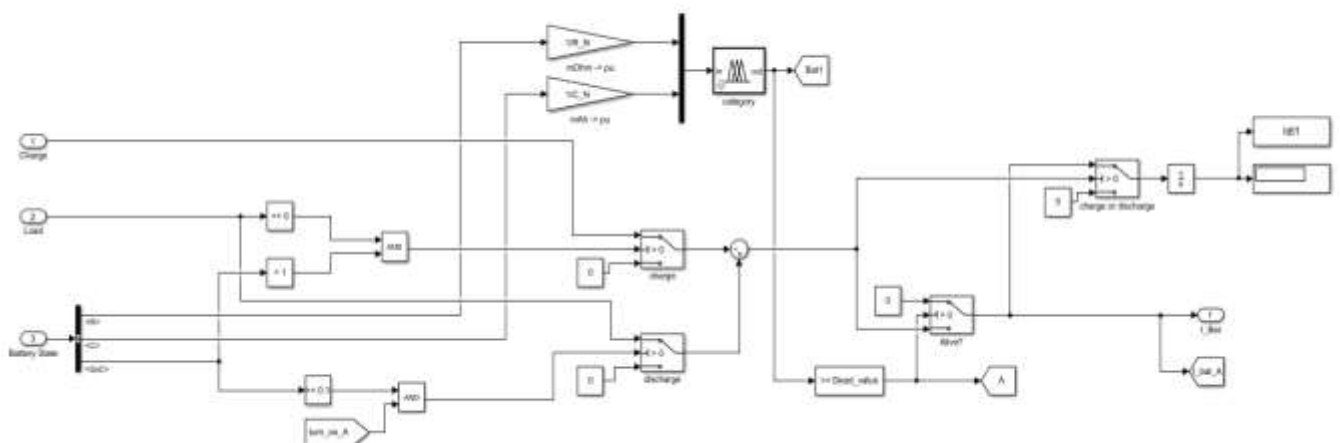


Рис. 4.4 Контролер

Блок FuzzyLogicDesigner який визначає категорію акумулятора (Рис.4.5)

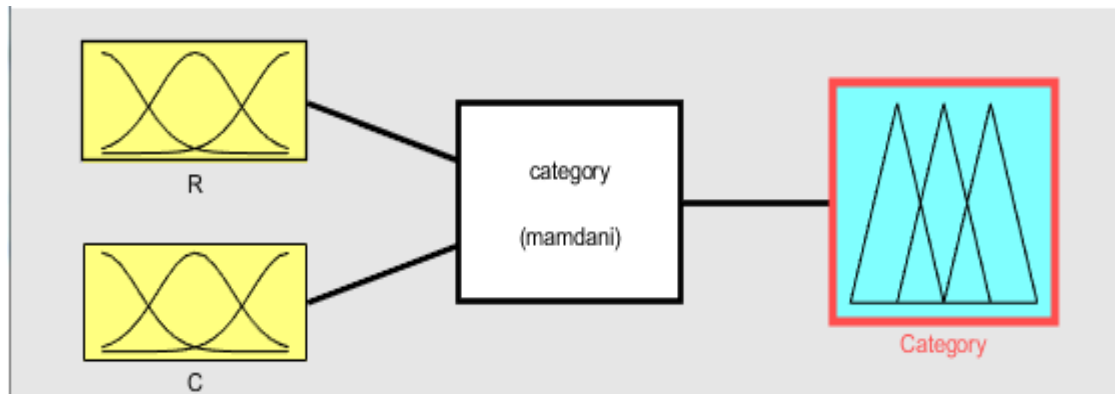


Рис. 4.5 Блок FuzzyLogicDesigner

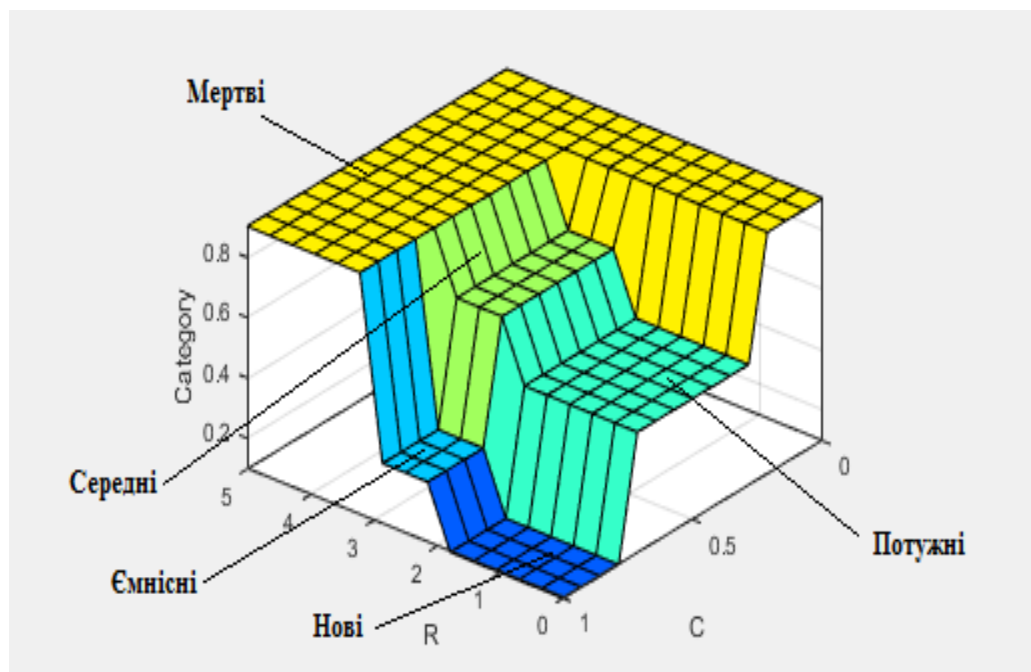


Рис. 4.6. Ілюстрація правил вибору категорії акумуляторів

В блоці STOP визначається кількість акумуляторів які ще живі і якщо кількість мертвих ≥ 10 (кількості всіх акумуляторів), то система зупиняє свою роботу (Рис.4.7)

Блок Charge заряджає акумулятори при необхідності постійним струмом 2.5A.

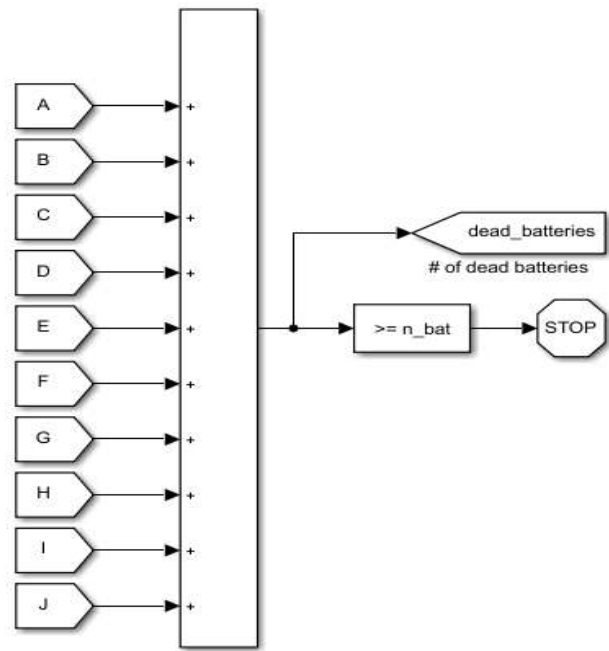


Рис. 4.7 Блок STOP

4.4. Побудова шкал з нечіткою ЛЗ для діагностичних ознак “ємність ” і “опір”

1. General

1.1 Name and Code

- 1.1.1 Model Number : US18650VTC5
- 1.1.2 Cell Name : US18650VTC5
- 1.1.3 Sony Code : 49928190

1.2 Cell Shape and Weight

- 1.2.1 Cell Shape : Cylindrical
- 1.2.2 Size (with plastic tube) : Diameter 18.35mm max
Length 65.20mm max
- 1.2.3 Weight : 44.3g Average

1.3 Safety Regulation

Sony will acquire UL1642.

2. Performance

Nominal Capacity (0.2C discharge)	2600mAh 9.36Wh	average capacity 3.60V (average discharge voltage) at room temperature, 2.0V cut off
Rated Capacity (0.2C discharge)	2500mAh 9.00Wh	minimum capacity at room temperature, 2.0V cut off
Capacity at 1C	2563mAh 9.23Wh	average capacity at room temperature, 2.5V cut off
Capacity at 10A	2577mAh 8.80Wh	average capacity at room temperature, 2.5V cut off
Nominal Voltage	3.6V	
Internal Impedance	13.0mΩ Typ.	measured by AC1kHz
Cycle Performance	70% Min. of Initial capacity at 300 cycles	10A discharge at room temperature, 2.5V cut off

* Standard Charge Condition

- Charge Method : constant current constant voltage
- Charge Up Voltage : 4.2± 0.05V
- Charge Current : 2.5A
- Charge Time : 2.5h
- Ambient Temperature : 23°C

Рис. 4.8 Технічні характеристики акумулятора

В системі моделювання і діагностування використовувались акумулятор моделі US18650VTC5 з технічними характеристиками (Рис.4.8)

4.4.1. Діагностична ознака “опір”.

Так як опір збільшується від номінального значення, що дорівнює 13 мОм, тоді діапазон вимірювання опору зі врахуванням початкового розкиду окремих значень становить 13 мОм – 50 мОм і границі обраної терм-множини становлять $T_1(R) - 10-20$ мОм, $T_2(R) - 20-30$ мОм, $T_3(R) - 30-40$ мОм, $T_4(R) - 40-50$ мОм.

Щоб застосовувати правило виведення типу *модус поненс*, система виведення повинна вміти визначати коли 2 вирази є еквівалентними, або рівносильними. Для цього використовується операція уніфікації, яка дозволяє замінювати змінні під знаком квантера загальності термами з області визначення. Необхідно визначити процес заміни змінних, при якому кілька виразів можуть стати ідентичними (зазвичай для того, щоб можна було застосовувати правило виведення). Уніфікація і такі правила виведення, як модус поненс дозволяють робити висновки на безлічі логічних тверджень. Для цього логічна база даних повинна бути виражена у відповідній формі.[22]

Так як висновки про стан об'єкта приймаються за двома правилами, необхідно провести уніфікацію змінних з використанням нормалізації носіїв терм-множини шкали за формулою:

$$X_n = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (4.4)$$

Уніфіковані границі термів: $T_1(R_n) - 0-25$, $T_2(R_n) - 0.25-0.5$, $T_3(R_n) - 0.5-0.75$, $T_4(R_n) - 0.75-1$.

Можливості генерації нових термів залежать від результатів випробувань, тому синтаксичні процедури встановлення нових термів не розглядаються.

Для окремих термів обираємо прямокутні функції приналежності, а саме трапецевидні. Загальний вигляд функції приналежності:

$$\mu_{Ai} = \begin{cases} 0 & x \leq a_i \\ \frac{x - a_i}{b_i - a_i} & a_i \leq x \leq b_i \\ 1 & b_i \leq x \leq c_i \\ \frac{d_i - x}{d_i - c_i} & c_i \leq x \leq d_i \\ 0 & d_i \leq x \end{cases} \quad (4.5)$$

Для формування функцій приналежності проаналізуємо складові невизначеності:

- Відхилення значення ємності від номінального значення (за паспортними даними).

2600 мАгод – номінальна ємність;

2500 мАгод – мінімальна ємність;

Абсолютне відхилення:

$$\frac{(2600 - 2500)}{2} = 50 \text{ мАгод} \quad (4.6)$$

Відносне відхилення:

$$\pm \frac{50 * 100}{2500} = \pm 2\% \quad (4.7)$$

- Нестабільність верхньої напруги заряду:

$$\pm \frac{0.05}{4.2} * 100 = \pm 1.2\% R_H \quad (4.8)$$

Враховуючи похибки вимірювання, вплив змін температури та інших впливних величин отримуємо загальні границі відносної похибки у межах $\pm 5\%$. (Рис.4.9)

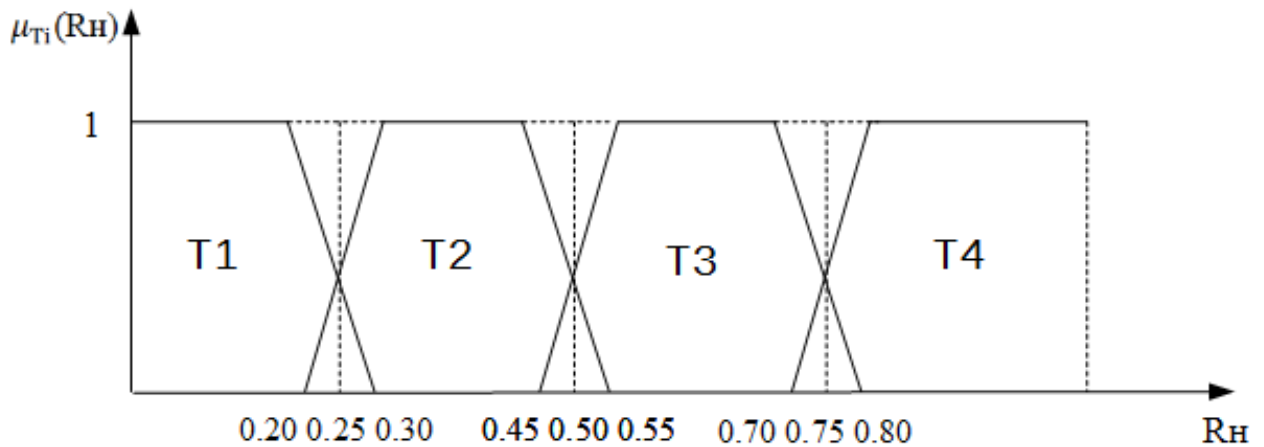


Рис. 4.9 Границі відносної похибки для опору

4.4.2. Діагностична ознака ємність має зворотню шкалу, тому що ємність зменшується з часом, тому у уніфікованому виді вона буде представляти втрати ємності, тобто:

$$\frac{E_{\text{НОМ}} - E}{E_{\text{НОМ}}} = E_n \quad (4.9)$$

І в нормованому вигляді отримаємо ідентичну шкалу. (Рис. 4.10)

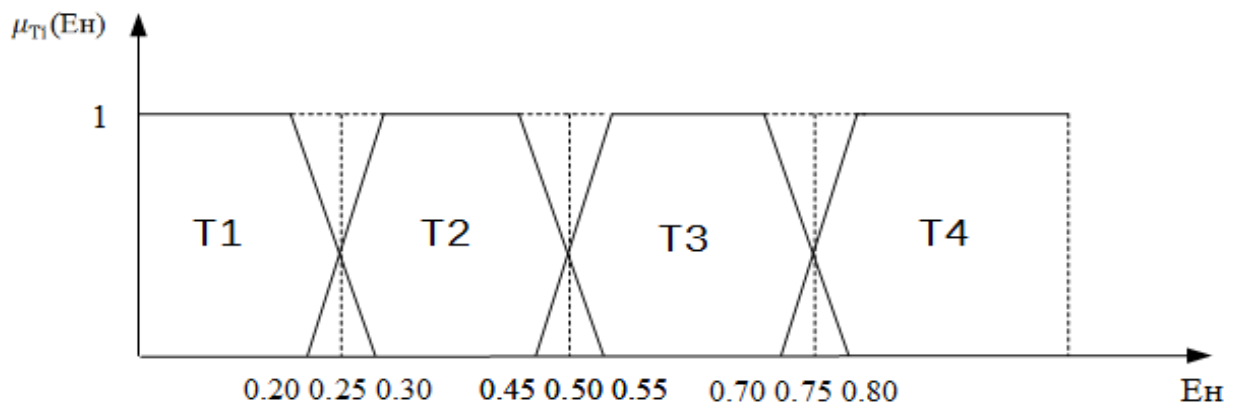


Рис. 4.10 Границі відносної похибки для ємності

4.4.3. Правило визначення.

Визначення активованих функцій приналежності висновків окремих правил засновано на ступеню виконання їх умов. Ця операція виконується з використанням нечіткої імплікації:

Якщо $(x=A)$, тоді $(y=B)$,

Де $\mu_A(x)$ і $\mu_B(y)$ наведено на рисунку з вимірюваним значенням $x^* = 6,5$.

Ілюстрація способу знаходження модифікованої (активованої) функції приналежності наведена на рисунку [17]. Як видно з (рис. 4.11) функції приналежності $\mu_A(x)$ і $\mu_B(y)$ співпадають у випадку використання імплікації Мамдані можуть бути отримані простим зрізанням функції приналежності висновку $\mu_B(y)$ до рівня ступеня виконання $\mu_A^*(x)$ умов правила.

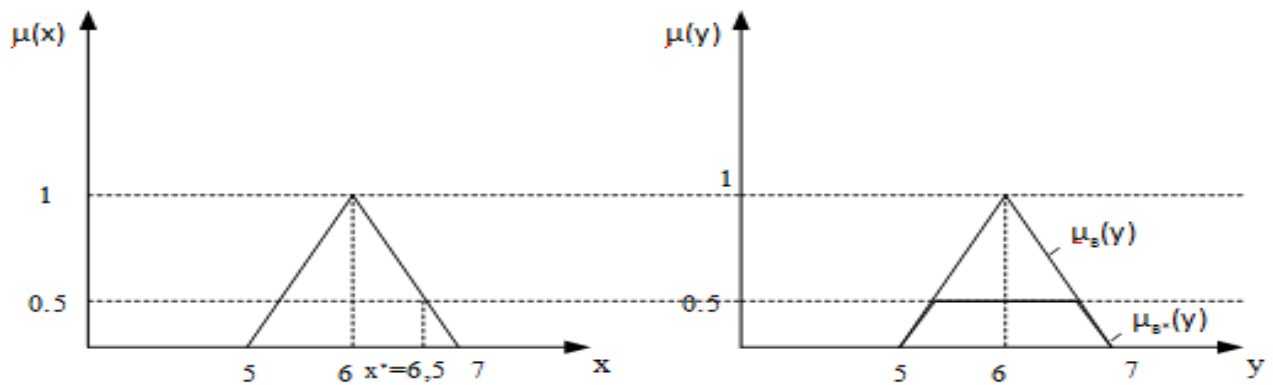


Рис. 4.11 Ілюстрація способу знаходження модифікованої (активованої) функції приналежності

В результаті виведення з m окремих правил R_i , що входять до бази правил, будуть отримані m модифікованих функцій приналежності висновків, на основі яких потрібно отримати одну результуючу функцію приналежності виведення з усієї бази правил. Процес визначення загального висновку іноді називають акумуляцією. Одним з методів що використовується для отримання результуючої функції приналежності $\mu_{res}(y)$ висновку з бази правил включає і себе наступні кроки: спочатку визначаються модифіковані функції приналежності $\mu_{B_i}^*(y)$ висновків окремих правил, а потім, з використанням однієї з s -норм (наприклад, оператор MAX = знаходять результуючу функцій $\mu_{res}(y)$:

$$\mu_{res}(y) = \text{MAX}(\mu_{B_1}^*(y); \mu_{B_2}^*(y)) \quad (4.10)$$

Після цього проводиться операція дефазифікації, за якої знаходяться центри ваги функції приналежності $\mu_{res}(y)$:

$$Ц.В = \frac{\int_{y_{min}}^{y_{max}} \mu_{res}(y) * y * dy}{\int_{y_{min}}^{y_{max}} \mu_{res}(y) * dy} \quad (4.11)$$

Значення Ц.В. наносять на шкалу діагностичного висновку про стан об'єкта: Правило представлено у вигляді нечіткого відношення “якщо R, E, тоді стан акумуляторів - у”, де множина у складається з 5 термів: $T_1(Y)$ – “нові” (0 – 0.2), $T_2(Y)$ – “ємнісні” (0.2 – 0.4), $T_3(Y)$ – “потужні” (0.4 – 0.6), $T_4(Y)$ – “середні” (0.6 – 0.8), $T_5(Y)$ – “мертві” (0.8 – 1).

Результуючу діагностичну шкалу можна, за необхідністю, зробити нечіткою.

При визначенні активованих термів може бути використаний переріз результату вимірювання з двома термами. Приклад [17]

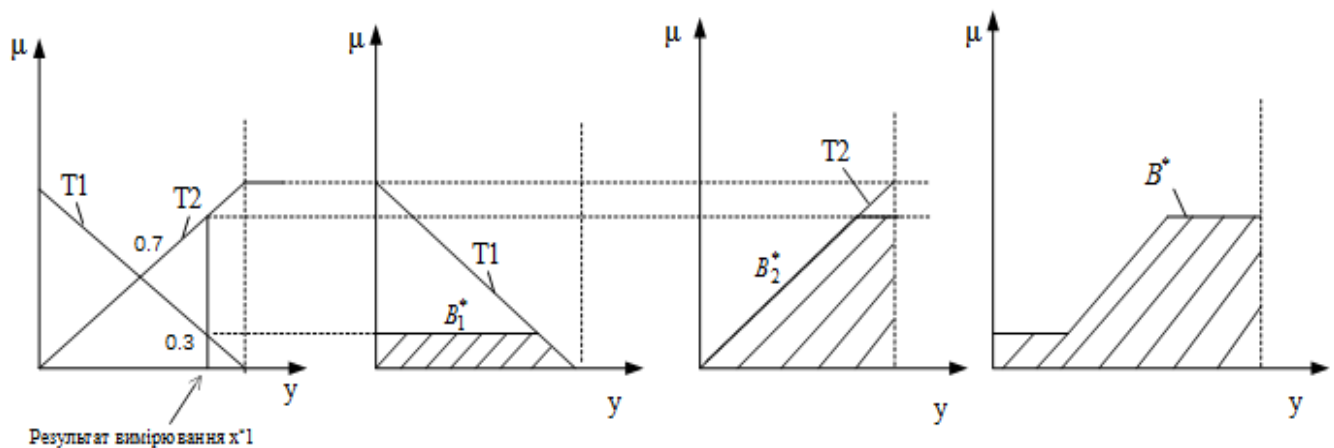


Рис. 4.12 Виведення MAX-MIN

З аналізу використання різних операторів видно [17], що можна отримати результати, що значно відрізняються, тому вибір операторів виконують в процесі налагодження нечіткого моделювання. Кінцеве налагодження системи буде, тоді коли в наявності будуть екземпляри всіх категорій акумуляторів.

Висновок до РОЗДІЛУ 4: Сформовані шкали з нечіткою ЛЗ для діагностичних ознак “ємність” і “опір” з врахування уніфікації, обрані функції приналежності, проаналізовані складові невизначеності, представлено правило у вигляді нечіткого відношення. Кінцеве налагодження системи буде, тоді коли в наявності будуть екземпляри всіх категорій акумуляторів.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА З ПРОГНОЗУВАННЯМ ДОПУСТИМОГО РІВНЯ ФІЗИЧНОГО»

5.1. Опис ідеї проекту

Розглянувши в попередніх розділах способи визначення допустимого рівня фізичного навантаження було виявлено, що використання системи на основі нечіткої логіки, дає змогу прийняти рішення, оцінити рівень і надіслати попередження (людині- щоб вона припинила заняття), або попередження (лікаря / лікарні), або обидва- в разі крайньої необхідності. Завдяки цьому можна уникнути появи серйозних проблем зі здоров'ям, а також кризових ситуацій. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап проекту даної системи як товару.

Ідея проекту полягає у розробці вимірювальної системи, яка вимірює такі параметри як діастолічний тиск, систолічний тиск та пульс.

Опис проблеми, яку вирішує проект: Недосконалість контролю параметрів допустимого рівня фізичного навантаження, для зниження ризиків виникнення серйозних проблем зі здоров'ям;

Очікувані результати: Отримання системи, яка буде прогнозувати допустимий рівень фізичного навантаження на сьогоднішній день дуже важливе, як для профілактики, реабілітації і просто для активного і зручного життя.

Дана система видає висновок про допустимий рівень фізичного, що уточнено наведено в таблиці 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
Створення вимірювальної системи з прогнозування допустимого рівня фізичного навантаження	Спорт	Контроль фізичної активності і розрахунок можливих ризиків
	Медицина	Моніторинг показників тиску та пульсу

Отже, пропонується новий спосіб, який розроблений на основі нечіткої логіки, для визначення ступеня відповідності певних медичних параметрів, наведеним в медичних нормах. Це дозволяє знаходити інтегральний показник фізичного навантаження – допустимий рівень, що визначається за градаціями: екстра легкий, дуже легкий, легкий, помірний, складний, максимально складний, та організує необхідний контроль стану користувача для задовільного самопочуття.

Склад команди, яка буде працювати над проектом:

Інженер-технолог – Генератор ідей: Пропозиція тематики і ідеї для створення стартапу; Складання технічного завдання; Розробка прототипу системи

Маркетолог – Координатор: Збір, систематизація та обробка інформації зовнішнього ринку; Рекламна компанія для просування продукту на зовнішній ринок

Програміст – Виконавець: Розробка і написання ПЗ; Проведення тестування

Менеджер – Дипломат: Контроль роботи на всіх етапах; Пошук інвесторів; Створення бізнес-плану

Складемо схему, яка показує зв'язки між учасниками команди у завданнях.

(Рис. 5.1)

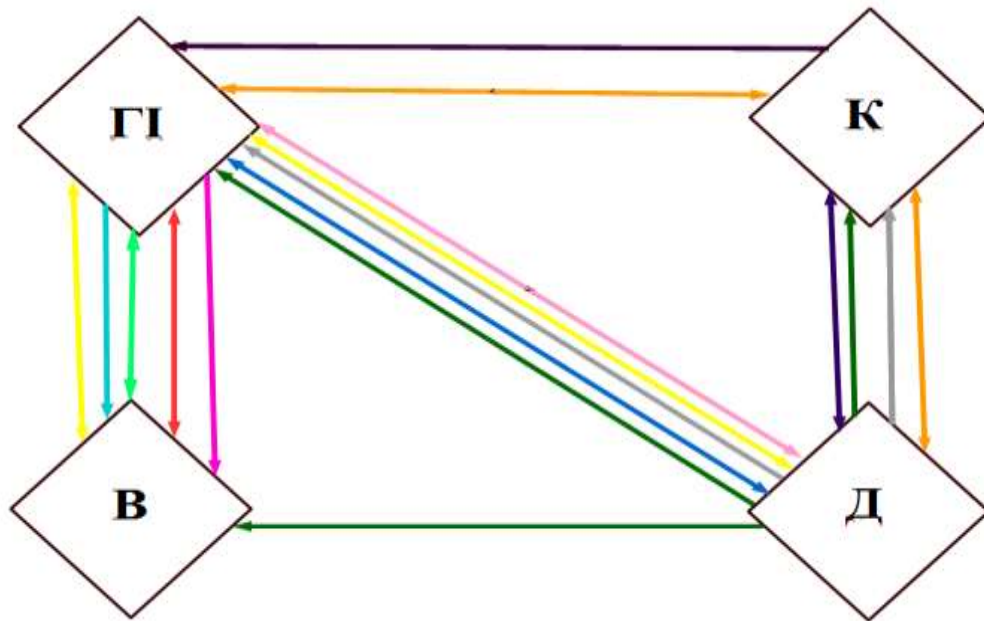


Рис. 5.1 Зв'язки між учасниками команди у завданнях

Пояснення до схеми: ГІ – Генератор ідей; К – Координатор; В – Виконавець; Д – Дипломат.

- 1) Пропозиція тематики і ідеї для створення стартапу
- 2) Складання технічного завдання
- 3) Розробка прототипу системи
- 4) Збір, систематизація та обробка інформації зовнішнього ринку
- 5) Рекламна компанія для просування продукту на зовнішній ринок
- 6) Розробка і написання ПЗ
- 7) Проведення тестування
- 8) Контроль і організація роботи на всіх етапах
- 9) Пошук інвесторів
- 10) Створення бізнес-плану

Проведемо визначення дольової участі у проекті кожного учасника:

Підсумуємо кількість входів та виходів кожного учасника (Рис. 5.1):

ГІ: Вхідів – 10, Виходів – 9

К: Вхідів – 5, Виходів – 4

В: Вхідів – 6, Виходів – 3

Д: Вхідів – 5, Виходів – 10

Сума всіх входів – 26. Сума всіх виходів – 26.

1. Визначимо який відсоток припадає на вхід та вихід кожного учасника:

$$\text{ГІ: } Bx = \frac{10}{26} \cdot 100\% = 38\% \quad Bux = \frac{9}{26} \cdot 100\% = 35\%$$

$$\text{К: } Bx = \frac{5}{26} \cdot 100\% = 19\% \quad Bux = \frac{4}{26} \cdot 100\% = 15\%$$

$$\text{В: } Bx = \frac{6}{26} \cdot 100\% = 23\% \quad Bux = \frac{3}{26} \cdot 100\% = 12\%$$

$$\text{Д: } Bx = \frac{5}{26} \cdot 100\% = 19\% \quad Bux = \frac{10}{26} \cdot 100\% = 38\%$$

Створимо діаграму, яка показує скільки часу затрачено на виконання кожного етапу:

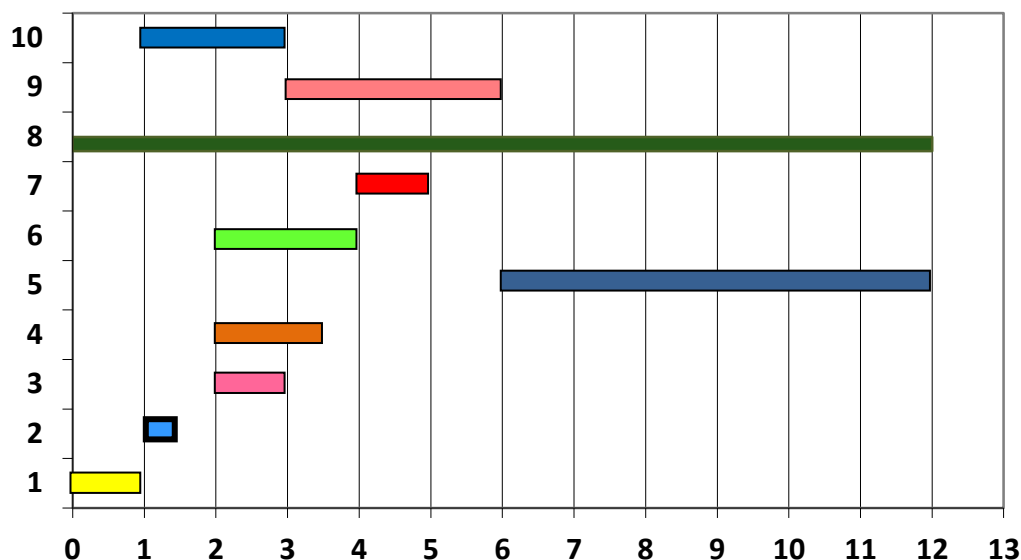







Рис. 5.2 Час, який затрачено на етапи виконання

Пояснення до діаграми:

- 1) Пропозиція тематики і ідеї для створення стартапу – 1 місяць
- 2) Складання технічного завдання – 0,5 місяця
- 3) Розробка прототипу системи – 1 місяць
- 4) Збір, систематизація та обробка інформації зовнішнього ринку – 1,5 місяця
- 5) Рекламна компанія для просування продукту на зовнішній ринок

– 6 місяців

-  6) Розробка і написання ПЗ – 2 місяці
-  7) Проведення тестування – 1 місяць
-  8) Контроль і організація роботи на всіх етапах – 12 місяців
-  9) Пошук інвесторів – 3 місяці
-  10) Створення бізнес-плану – 2 місяці

Підсумуємо, скільки часу витрачає кожен учасник команди на виконання свої завдань і який відсоток займає його робота:

ГІ: 2,5 місяці = 8%

К: 7,5 місяців = 25%

В: 3 місяці = 10 %

Д: 17 місяців = 57%

Загальна кількість часу – 30 місяців.

Визначаємо основні елементи вкладу в створення стартапу.

Основні елементи вкладу в створення роботи: ідея; підготовка бізнес-плану; компетентність в сфері діяльності; залученість і ризики; обов'язки.

Визначення важливості кожного фактора та дольової участі у проекті кожного учасника

Таблиця 5.2.

Важливість кожного фактору

Фактор	Вага	Генератор ідей	Координатор	Виконавець	Дипломат	
Ідея	7	4	2	1	2	Σ
Підготовка бізнес плану	4	5	0	0	5	
Компетентність	8	3	1	3	2	
Залученість і ризики	5	3	2	2	2	
Обов'язки	7	4	1	1	3	
Разом		115	39	48	81	283
Процент		41 %	14 %	16 %	29 %	100 %

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. 5.3).

Таблиця 5.3

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W	N	S
		Мій проект	Конкурент1 Breathum	Конкурент 2 Medisana BU 575			
1.	Витрата електроенергії при використанні	Низька	Низька	Низька	-	+	-
2.	Багатофункціональність	Багатофункціональний, зручний та зрозумілий	Малофункціональний	Має багато функцій, але складний	-	-	+
3.	Мобільність	Компактний	Достатньо компактний	Великі розміри	-	+	-
4.	Зручний інтерфейс	Зручний	Складний	Складний	-	-	+
5.	Точність	Висока точний	Висока точність	Середня точність	-	+	-
6.	Торгова марка	Немає	Є	Є	+	-	-

Висновок: Оцінка характеристик та ідей товару робить даний продукт конкурентоспроможним. Розробка даного продукту цілком обумовлена потребою в ньому, оскільки за деякими техніко-економічними характеристиками він є

аналогічним, або ж і кращим за них. Особливих навичок чи додаткового навчання для роботи з даним продуктом не потребується, бо продукт має просту конструкцію.

5.2. Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проводимо аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Використовуючи такий підхід в моєму проекті, відкриваються нові можливості. Інформаційна передача між пристроями та центральним комп'ютером може бути реалізована через Bluetooth, радіочастоту або бездротову локальну мережу, в той час як сигнал тривоги в більшості випадків передається через мобільний телефон, SMS або навіть через кілька інтернет - приймачів. У даній роботі - нова інтелектуальна система проводить моніторинг показників у будь-який час за бажанням користувача, що дає можливість попередити людину, якщо рівень ризику під час певної спортивної діяльності стає вищим за допустимий. Запропонована у даній роботі модель може бути застосована з використанням нечіткої логіки на основі прийняття рішень, що є дуже корисним в медицині і в управлінні ризиками.

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз складових які вказані в табл. 5.4

Таблица 5.4.

Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка структурної схеми	Використання ПК та необхідних програм для розробки, технічні характеристики усіх складових системи (вимірювальні канали, модуль Bluetooth)	Наявна технологія	Доступна
2.	Побудова шкали класифікації окремих	Методи нечіткого моделювання	Розроблена технологія	Доступна

Продовження табл.5.4

	показників допустимого рівня навантаження			
3	Спосіб визначення загального рівня навантаження	Способи об'єднання вербальних характеристик даних	Наявна технологія	Доступна

Проаналізувавши дану інформацією можемо стверджувати, що технологічна реалізація для здійснення ідеї проекту доступна. Вона можлива, тому що всі технології наявні на ринку. Проаналізувавши усі доступні варіанти способів для визначення допустимого рівня фізичного навантаження можна зробити висновок що для реалізації проекту безперечно найбільше підходить система прийняття рішень з нечіткою логікою.

5.3. 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 спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів.

Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (табл. 5.5).

Проаналізувавши конкурентів, було визначено двоє основних гравців: Breathum, Medisana BU 575. Загальний обсяг продаж вказаний на основі товарів конкурентів. Динаміка ринку зростає, бо товар має попит і люди зацікавлені в діагностуванні свого стану та отриманні рекомендацій.

Таблиця 5.5

Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	2
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	130 000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Відсутні
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Вимоги до ГОСТів
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	80%

Проаналізувавши табл. 5.4 можна зробити висновок, що даний стартап-проект є рентабельним та зможе швидко окупитися. Тому, система прогнозування допустимого рівня фізичного є досить привабливою для інвестицій.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.6).

Аналізуючи групи клієнтів було зрозуміло, що система моніторингу здоров'я може бути корисною не тільки для людей похилого віку, але і для пацієнтів, які страждають серцевими захворюваннями. Крім того, такий контроль може бути корисним у випадку здорових пацієнтів для контролю їх фізичної активності і для розрахунку можливих ризиків.

Системи прийняття рішень також є корисними інструментами під час реабілітації, коли ефективність домашніх тренувань є важливою, тому застосовують адаптивні системи домашнього тренування, в тому числі також можуть бути запропоновані інструкції з підготовки психотерапевта

Таблиця 5.6

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
	Простота у використанні, правильність вимірювання та прогнозування, швидке отримання результатів і	Спортсмени, пацієнти з серцевими захворюваннями, навчальні заклади, просте населення	Фінансові можливості	Висока якість, точність вимірних значень; швидка передача даних користувачу; оптимальне співвідношення ціни та якості

Проаналізувавши потреби споживачів можемо зробити висновок, що даний стартап-проект їх задовольняє. Основними споживачами є люди які займаються спортом, пацієнти які мають проблеми з серцевими захворюваннями, так як для цих груп дана система допоможе правильно визначати рівень фізичних навантажень і буде запобігати поганому самопочуттю і ризику для життя.

Після визначення потенційних груп клієнтів проводиться аналіз ринкового середовища: складаються таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають. Аналіз факторів дає змогу побачити можливості і загрози. Методика визначення ринкових можливостей і загроз дозволяє оцінити вплив зовнішніх чинників. При застосуванні даної технології існують певні загрози. (табл. 5.7).

Таблиця 5.7.

Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Новоутворені фірми	Збільшення конкурентоспроможних методів для визначення рівня комфортності в приміщенні	Вдосконалення методу
2.	Нові технології	Застарілість товару	Модернізація методу, впровадження нових технологій
3.	Криза	Зменшення продажу	Зменшення ціни на товар
4.	Висока конкуренція	Зменшення продажу	Збільшення рекламних акцій
5.	Фактор попиту	Важко визначити точні темпи зростання ринку	Зменшення кількості продукції, низька собівартість може зробити можливі збитки незначними

Проаналізувавши дані фактори, можна зробити висновок, що велику загрозу завдають поява нових фірм та технологій. Вони призводять до створення нових варіантів для визначення допустимого рівня навантаження. Це у свою чергу призводить до можливих змін у розробленому способі та до запровадження нових технологій.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (табл. 5.8).

Таблиця 5.8

Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Високий попит на продукт	Збільшення виробництва товару та товарообігу	Збільшення одиниць товару, модифікація товару
2.	Впровадження нових технологій	Покращення основних параметрів продукту	Підвищення попиту та ціни
3.	Потреба в доступній методиці	Актуальна розробка з низькою собівартістю	Залучення іноземних інвестицій
4..	актор збуту	можливість впровадження програми через національну закупівлю	сертифікація товару відповідно до міжнародних стандартів, збільшення попиту для національних тендерів
5.	ростання рівня доходів населення	збільшення кількості продажів, підвищення ціни	збільшення одиниць товару, підвищення ціни

Можемо зробити висновок, що найбільший вплив мають фактори високого попиту на продукт та впровадження нових технологій. Це призводить до покращення основних параметрів продукту та збільшення попиту для майбутніх пристроїв.

Далі проводиться аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (табл. 5.9).

Таблиця 5.9.

Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Окремі покупці і продавці не можуть впливати на ціну.	Діяльності підприємства зосереджена на якість товару.
2. Національна конкуренція	Між компаніями всередині країни.	Зміна об'ємів виробництва, співпраця з метрологічними службами для забезпечення високої точності товару
3. Внутрішньогалузева конкуренція	Конкурентна боротьба між підприємствами в межах однієї галузі.	Формування ринкової вартості товару.
4. Товарно-видова конкуренція	Конкуренція між товарами одного виду	Унікальність об'єкту; створення модифікацій з розширеним функціоналом

Продовження табл. 5.9.

5. Нецінова конкуренція	Вдосконалення якості продукції та умов її продажу.	Зміни у виробництві; додаткові витрати, підвищення рівня довіри клієнтів.
6. Марочна конкуренція	Конкурентні компанії пропонують подібний продукт.	Зниження цін на товар; концентрація діяльності на якісній зміні продукту. Створення власної торгової марки

Проаналізувавши особливості конкурентних середовищ можна зробити висновок, що напрямок, який запропонований для реалізації методу демонструє високу конкурентоспроможність. Найбільш небезпечними конкурентними середовищами є товарно-видова та нецінова конкуренція.

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

Таблиця 5.10

Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Breathum, Medisana BU 575	Високий бар'єр входження в ринок	Невелика собівартість	Невелика собівартість	Є фактори загроз з боку замінників
Висновки:	Інтенсивне	Є можливості входу в ринок, є потенційні конкуренти.	Збільшення співвідношення ціни та якості	Збільшення співвідношення ціни та якості	Відсутнє

За результатами аналізу таблиці 5.10 можна зробити висновок, що в запропонованому проекті є всі можливості потрапити на ринок, враховуючи простоту конструкції та відмінність від існуючих аналогів.

На основі аналізу конкуренції, проведеного (табл. 5.10), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (табл. 5.3), вимог споживачів до товару (табл. 5.6) та факторів маркетингового середовища (табл. 5.7-5.8) визначається та

обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за табл. 5.11

Таблиця 5.11

Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Точність	Достовірність результатів підтверджується математичними розрахунками
2	Швидка передача даних	Дає можливість миттєвого отримання параметрів для оцінки кліматичних умов
3	Зручний інтерфейс	Забезпечує споживачу просте використання
4	Мобільність	Може використовуватись як в навчальних закладах, на змаганнях, так і в персональних цілях
5	Доступність	Дає можливість індивідуально придбати та користуватися

Проаналізувавши фактори конкурентоспроможності робимо висновок, що запропонований метод має велику кількість суттєвих факторів, які мають безпосередній вплив на можливість конкурування даної системи та дають змогу розглядати його для залучення коштів у проект.

Таблиця 5.12

Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Вимірювальна система з прогнозуванням допустимого рівня фізичного навантаження»

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з S&H						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Точність	18						+	
2	Швидка передача даних	16							+
3	Зручний інтерфейс	17					+		
4	Мобільність	19						+	
5.	Багатофункціональність	19					+		

З таблиць 5.11 та 5.12 бачимо, що фактори конкурентоспроможності суттєві та мають великий позитивний внесок при впровадженні нової системи відтворення зразкових сигналів. Основною перевагою та головним досягненням є багатофункціональність, точність та мобільність.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 5.13) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (табл. 5.12).

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (прогнозованими результатами) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення. Наприклад: зниження доходів потенційних споживачів – фактор загрози, на основі якого можна зробити прогноз щодо посилення значущості цінового фактору при виборі товару та відповідно, – цінової конкуренції (а це вже – ринкова загроза).

Таблиця 5.13

SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: Багатофункціональність Точність Мобільність	Слабкі сторони: Швидка передача даних Початкове впровадження у застарілі системи
Можливості: розробка з низькою собівартістю; залучення іноземних інвестицій; розширення функцій; збільшення виробництва товару та товарообігу; збільшення кількості продажів, поява нових технологій.	Загрози: наявність іноземних та поява внутрішньодержавних конкурентів; фактор попиту; зменшення продажу; застарілість товару;

З табл. 5.13 робимо висновок, що сильні сторони продукту – багатофункціональність системи, точність та мобільність, в той час як слабкі – швидка передача даних, початкове впровадження у застарілі системи, відомі міжнародні марки, якими користуються для рішення даної проблеми.

На основі SWOT-аналізу розробляються альтернативи ринкової поведінки (перелік заходів) для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний

оптимальний час їх ринкової реалізації з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок (див. табл. 5.10, аналіз потенційних конкурентів). Альтернативи ринкового впровадження основі SWOT-аналізу наведені в таблиці 5.14.

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів.

Таблиця 5.14

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	Висока	2 місяць
2	Стратегія компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями	Низька	9 місяців
3	Стратегія виходу з ринку	Висока	2 місяці

З зазначених альтернатив обираємо стратегію компенсації слабких сторін стартапу наявними ринковими можливостями.

5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

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

Таблиця 5.15

Вибір цільових груп потенційних споживачів

№	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтований попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Люди, які постійно займаються спортом	Готові	Зростає	Наявні	Легко
2	Лікарні та пацієнти з хворобами серця	Частично готові(50%)	Зростає	Наявні	Можливість входу на 75 %
3	Просте населення	Частично готові(50%)	Середній попит	Наявні	Можливість входу на 65%

Продовження табл. 5.15.

Які цільові групи обрано:

Під час аналізу потенційних груп споживачів було прийнято рішення що компанія буде працювати з людьми які займаються спортом та пацієнтами які контролюють свої показники.

За результатами аналізу потенційних груп споживачів обираємо цільову групу людей які займаються спортом та пацієнтами які контролюють свої показники. Отже, компанія зосереджується на двох сегментах – вона обирає стратегію диференційованого маркетингу.

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

Стратегія спеціалізації найбільш притаманна моему проекту. Вона передбачає концентрацію на потребах одного цільового сегменту, без прагнення охопити увесь ринок.

Таблиця 5.16.

Визначення базової стратегії розвитку

№	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1	Стратегія нейтралізації ринкових загроз сильними сторонами стартапу	Диференційований маркетинг	Багатофункціональність, мобільність, зручний інтерфейс	Стратегія спеціалізації

Альтернативною стратегією була обрана нейтралізація ринкових загроз сильними сторонами стартапу тому, що вона є найшвидшою у виконанні. В якості стратегії охоплення ринку обрано стратегію диференційований маркетинг – компанія працює із кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Базовою стратегією обрано стратегію спеціалізації. Основна її мета полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.17).

Так як мій проект повинет задовільняти малий розмір ринкового сигменту, то найбільше підходить стратегія заняття конкурентної ніші. Головна особливість – малий розмір сегментів/сегменту. Ця конкурентна стратегія являється похідною від такої базової стратегії компанії, як концентрація.

Таблиця 5.17.

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№	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 як?	Стратегія конкурентної поведінки
1	Частково	Буде шукати нових, а також забирати існуючих у конкурентів	Буде, з удосконаленням.	Стратегія заняття конкурентної ніші

В якості конкурентної поведінки обрано стратегію заняття конкурентної ніші, оскільки головною особливістю є малий розмір ринкового сегменту.

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 5.18.

Визначення стратегії позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентноспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (при ключових)
1	Багатофункціональність	На основі специфічних, відчутних характеристик	Проводить одночасне вимірювання чотирьох параметрів кліматичних умов та видає висновок щодо рівня комфортності мікроклімату в приміщенні	Більше можливостей для заощадження часу!
2	Точність	Позиціонування за однією ознакою	Достовірність результатів підтверджується математичними розрахунками,	Точність вимірювання – для кращого майбутнього!

Продовження табл. 5.18.

			точність до 2%, завдяки зміні датчиків елементної бази системи	
3	Зручний інтерфейс	Позиціонування за однією ознакою	Забезпечує споживачу просте використання, не потребує додаткового навчання для користування	Просте використання – прагни до досконалості.

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

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.19 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 5.19

Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами(існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Правильнее значення вимірюваної величини	Точність	Точність (величина похибка) до 1%, завдяки зміні датчика елементної бази системи
2	Швидке отримання інформації	Швидка передача данних	Використання технології універсального широкосмугового бездротового доступу WiMAX
3	Мобільність	Зручна та проста конструкція	Мобільність конструкції

Ключові переваги концепції потенційного товару мають три основних вимоги. Ефективність відтворення досягається за рахунок використання системи прийняття рішень з нечіткою логікою.

Таблиця 5.20

Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Споживач отримує готовий продукт. Його можна експлуатувати без подальшої обробки		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Точність	Нм	Тх
	2. Швидка передача даних	Нм	Тх
	3. Зручний інтерфейс	Нм	Тх
	4. Мобільність	М	Тх
	5.Багатофункціональність	Нм	Тл
	6. Якість	М	Тх
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування тощо		
	Пакування: пластикова коробка з приладом, USB-кабель та інструкція		
Марка: S&H (sport&health)			
III. Товар із підкріпленням	До продажу: гарантійний термін 1 роки; можливість оформлення відповідно до бажань замовника;		
	Після продажу: знижка на наступні придбання ; при підписанні договору повне обслуговування та оновлення приладу		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Потенційний товар буде захищено від копіювання за рахунок патентування технології виробництва			

Маємо систему, основним завданням якої є вимірювання параметрів тиску та пульсу та прогнозування допустимого рівня фізичного навантаження. Система багатофункціональна, швидкодіюча, компактна, зрозуміла для користувача, якісна та дешевша в порівнянні з аналогами. До продажу: гарантійний термін 1 роки та можливість оформлення відповідно до бажань замовника. Після продажу: знижка на наступні придбання і при підписанні договору повне обслуговування та оновлення приладу.

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. 5.21).

Таблиця 5.21

Визначення меж встановлення ціни

№	Рівень цін на товари замітники	Рівень цін на товари аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	6000	5000-12000	від 100 000₴ до «необмежений»(різні підприємства, заводи тощо)	3000-18000 (оскільки надається більш якісні показники характеристик приладу)

Встановлюємо верхню та нижню межі ціни на товар 3000 та 18000 грн , так можуть надаватись додаткові послуги при впровадженні системи. Встановлювати ціну нижче 3000 грн є досить не вигідним рішенням.

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (табл. 5.22):

Таблиця 5.22.

Формування системи збуту

№	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Обережність до альтернативних технологій	1.Встановлення контакту; 2.Інформування; 3.Транспортування; 4.Продаж окремих частин; 5.Надання додаткових послуг (якщо був підписаний договір)	Канали першого і другого рівня: 1.Ми(виробники приладу); 2.Розповсюджувач нашої продукції	1.Знижки; 2.Реклама; 3.Договір на довстрокове користування нашими технологіями

У процесі вирішення питання про канал збуту було обрано вид збуту з першого і другого рівня, що включає в себе як посилкову торгівлю, так і оптові й роздрібні продажі товару. Основні функції, які мають виконуватися це встановлення контакту, інформування, транспортування, продаж окремих частин, надання додаткових послуг.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (табл. 5.23).

Таблиця 5.23

Концепція маркетингових комунікацій

№	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Орієнтація на впровадження системи для всіх доступних галузей	1.Електронна пошта; 2.Публікації (інженерні інтернет-публікації); 3.Зустрічі	Доступність клієнтам; Точність вимірів; Мобільність; Чутливість;	Інформування споживача; Розвиток попиту; Пошук партнерів.	Контент-маркетинг; Публікації

Основним завданням рекламної компанії є донесення інформації до споживачів щодо існування даної системи, її ефективність та інші позитивні властивості.

Результатом пункту 5 є ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

Висновок до РОЗДІЛУ 5: Після проведення аналізу стартап проекту можна зробити висновок, що розробка даного проекту є цілком обумовленою. Розроблена система має широку сферу застосування. Використання таких видів додатків може зменшити смертність, а показники здоров'я пацієнтів можуть бути поліпшені. Вчасна госпіталізація, в тому числі з тривожними показниками, має критичне значення. Проте системи моніторингу здоров'я можуть бути корисними не тільки для людей похилого віку, але і для пацієнтів, які страждають серцевими захворюваннями. Крім того, такий контроль може бути корисним у випадку здорових пацієнтів для контролю їх фізичної активності і для розрахунку можливих ризиків. Характеристики більшості його техніко-економічних показників є рівними з аналогічними системами, а деякі з них навіть краще. Вартість даної системи є більш привабливою за аналогічні системи. На відміну від аналогів, дана система має простий та зрозумілий інтерфейс, компактні розміри, високу точність та володіє спеціальною функцією видачі прогнозу допустимого рівня фізичного навантаження, яка відсутня в аналогічних системах. Проект має високу рентабельність – 80%. Продукт має багато можливостей, таких як покращення основних параметрів продукту, можливість впровадження програми через національну закупівлю, патентування нових ідей, методів збільшення кількості продажів, підвищення ціни, залучення іноземних інвестицій

Альтернативною стратегією була обрана нейтралізація ринкових загроз сильними сторонами стартапу оскільки вона є найшвидшою у виконанні. Для

стратегії охоплення ринку обрано диференційований маркетинг – компанія працює із кількома сегментами, розробляючи для них окремо програми ринкового впливу надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів. Базовою стратегією обрано стратегію спеціалізації. Основна її мета полягає в задоволенні потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти.

В якості конкурентної поведінки обрано стратегію заняття конкурентної ніші.

Був обраний вид збуту з першого і другого рівня, що включає в себе як посилкову торгівлю, так і оптові й роздрібні продажі товару.

Узагальнюючи можна сказати, що вимірювальна система з прогнозуванням допустимого рівня фізичного навантаження є рентабельною та вигідною для інвестицій.

ВИСНОВКИ

Проаналізовані загальні особливості процедур вимірювання і діагностування і виявлена методологічна близькість методик виконання метрологічної та діагностичної процедур.

На основі розгляду літературних джерел сформована послідовність встановлення шкали з лінгвістичною змінною, а саме основні етапи, складові невизначеності вимірювання, визначені форми функції приналежності, змодельоване нечітке виведення з застосуванням встановленої лінгвістичної шкали.

На основі літературних джерел було визначено кількість термів ЛЗ і їх границі, проаналізовані складові невизначеності вимірювання, обрано функції прямокутної форми. Було розраховано функції належності результатів вимірювання ДТ, СТ та пульсу, враховуючи нестабільність латентного параметру. Розроблено структурну схему і алгоритм функціонування з урахуванням вікових категорій. Проаналізовані складові невизначеності і сформовані шкали вимірюваних параметрів. Сформовано базу правил та розроблено спосіб об'єднання результатів композиції нечітких даних вимірювань і нечітких відношень СТ, ДТ та пульсу. Також було розроблено спосіб обчислення центру ваги ОФП при наявності лінгвістичних даних.

Сформовані шкали з нечіткою ЛЗ для діагностичних ознак “ємність” і “опір” з врахування уніфікації, обрані функції приналежності, проаналізовані складові невизначеності, представлено правило у вигляді нечіткого відношення. Кінцеве налагодження системи буде, тоді коли в наявності будуть екземпляри всіх категорій акумуляторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Measurement and instrumentation science – an analytic review / L. Finkelstein. Measurement and instrumentation Centre, City University, Northampton squer, London EC IVOHB, UK // Measurement. 1994. Vol. 14. № 1. Pp. 3-14. Elsevier.
2. Pfanzgl J. Theory of Measurement, Wurzburg, Vienna: Physica-Verlag. 1968.
3. Krantz D. R., Luce R. D., Suppes P., Tversky A. Foundations of Measurement. Vol. 1. New York: Academic Press, 1971.
4. Krantz D. R., Luce R. D., Suppes P., Tversky A. Foundations of Measurement. Vol. 2, 3. New York: Academic Press, 1990.
5. Roberts F.S. Measurement Theory with Applications to Decision Making. Utility and the Social Sciences. Reading, MA: Addison-Wesley, 1979.
6. Narens L. Abstract Measurement Theory. Cambridge, MA: MIT Press, 1985.
7. Finkelstein L. Fundamental concepts of measurement / In: Measurement and Instrumentation // ACTA IMEKO VI. Vol.1. Amsterdam: North-holland, 1974.
8. Finkelstein L. Theory and philosophy of measurement / In: Sydenham P. H. (Ed.) Handbook of Measurement Science. Vol. 1. Chichester: Wiley, 1982. Pp. 1-30.
9. Finkelstein L., Leaning M.S. A review of the fundamental concepts of measurement // Measurement. 1984. Vol.2. Pp.25-34.
10. Finkelstein L. Theoretical basis of intelligent and knowledge base instrumentation // Proc. 8th IMEKO Symposium on Artificial Intelligence Based Measurements and Control. KYOTO. 12-16 September, 1991. Vol.2. Instrument Society of Japan. Kyoto: IMEKO, 1991. Pp. 43-50.
11. Интеллектуальные средства измерительной техники: Учебное пособие: Том 1. Методология интеллектуальных средств измерительной техники / Н. А. Яремчук. – К. Корнийчук, 2017. – 208 с.
12. Бідюк П.І., Коршевніук Л.О. Проектування комп'ютерних інформаційних систем підтримки прийняття рішень: Навчальний посібник – Київ: ННК „ІПСА,, „НТУУ,, „КПІ,, ,2010. – 340с.
13. Toth-Laufer E., Varkonyi- Koczy A.R., «A Soft Computing – Based Hierarchical Sport Activity Risk Level Calculation Model for Supporting Home

Exercises», IEEE TRANSACTION ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT, VOL.63, NO. 6, JUNE 2014

14. https://styler.rbc.ua/ukr/nauka_i_tehnika/ukrainets-sozdal-bota-kotoryy-preduprezhdaet-1542896970.html

15. <https://fakty.ua/283917-yunyj-ukrainskij-izobretatel-pridumal-ustrojstvo-dlya-opredeleniya-kachestva-vozduha-foto>

16. JCGM 200:2008, International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)

17 Пегат А. «Нечеткое моделирование и управление / пер. с англ. – М. : Бином, Лаборатория знаний, 2009 – 798 с.: (Адаптивные и интеллектуальные системы)

18 Штовба С. Д., Штовба О. В., Панкевич О. Д., «Критерії точності та компактності для оцінювання якості нечітких баз знань у задачах ідентифікації», Наукові праці ВНТУ, 2012, №4.

19 <https://ilounge.ua/products/ihealth-feel-wireless-blood-pressure-monitor-bp5-kupit>

20. Коваль, К. А. Способи встановлення терм-множини шкали з нечіткою лінгвістичною змінною // XII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Погляд у майбутнє приладобудування», 15-16 травня 2019 р., м. Київ, Україна : збірник праць. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – С. 440–443. – Бібліогр.: 3 назви.

21. Яремчук Н. А., Коваль К. А., СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ НЕЧІТКОСТІ ФУНКЦІЙ ПРИНАЛЕЖНОСТІ ТЕРМ-МНОЖИНИ ШКАЛИ З ЛІНГВІСТИЧНОЮ ЗМІННОЮ“// Міжнародного науково – технічної конференції «ПРИЛАДОБУДУВАННЯ: стан і перспективи»

22. Люгер, Джордж, Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем, 4е издание.//Пер. с англ. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2003. - 864с. : ил. - Парал. тит. англ. ISBN 5-8459-0437-4 (рус.)

23.<https://uk.wikipedia.org>

ДОДАТКИ

Додаток А

Публікації

УДК 687.2

*К. А Коваль, студентка гр. ВВ-81 мп*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», місто Київ, Україна**СПОСОБИ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕРМ-МНОЖИНИ ШКАЛИ З НЕЧІТКОЮ
ЛІНГВІСТИЧНОЮ ЗМІННОЮ**

Анотація. В роботі розглянуто способи встановлення терм-множини шкали з нечіткою лінгвістичною змінною з урахуванням складових невизначеності вимірювання. Якщо сумарна невизначеність вимірювання з урахуванням всіх впливних факторів занадто велика, то встановлення нечіткої терм-множини проводять за компромісом двох критеріїв: необхідної точності і компактності бази правил, кількість яких визначається кількістю факторів, вплив яких не враховано до складових невизначеності. Наведено приклад групування впливних факторів для досягнення необхідного компромісу.

Ключові слова: нечітка лінгвістична змінна, невизначеність вимірювання.

ВСТУП

В інтелектуальних вимірювальних системах результати вимірювань використовуються при нечітких виведеннях і нечітких обчисленнях. Тому в таких системах має місце поліморфізм, тобто відображення вимірювальних властивостей декількома шкалами, а саме метричною шкалою і шкалою з нечіткою лінгвістичною змінною (ЛЗ). При відтворенні шкали з ЛЗ спочатку визначається кількість термів і їх чіткі границі у відповідності з існуючими рекомендаціями, настановами, нормативними документами, тощо. Якщо такої інформації немає, використовуються інтуїтивні функції приналежності, які на підсвідомому рівні використовує людина [1]. Для того, щоб експертним шляхом визначити ширину терма, можна скористатись поняттям критичної точки функції приналежності терма, під якою розуміють точку зі ступенем приналежності, що дорівнює 0,5.

Після цього аналізуються складові невизначеності, що супроводжують результати вимірювання за метричною шкалою і ті, що пов'язані з визначенням термів ЛЗ. Як приклад можна навести шкалу вимірювання артеріального тиску (АТ) людини в системі визначення допустимого рівня фізичного навантаження [2]. За аналізом літературних джерел інструментальна складова невизначеності вимірювання АТ складає ± 3 мм рт. ст., нестабільність латентного параметру АТ протягом доби становить 10 мм рт. ст. За медичними рекомендаціями встановлено 11 термів ЛЗ з областю визначення кожного від 10 до 20 мм рт. ст. Якщо врахувати такі впливні фактори, як вік, стать, наявність певних захворювань, то індекс нечіткості окремих функцій приналежності (ФП) термів ЛЗ стає занадто великим. Зменшити індекс нечіткості до певної межі можна за рахунок збільшення бази правил. Але при цьому необхідно знайти компроміс між

критеріями точності при побудові шкали і критеріями компактності бази правил [3].

Тому в даній роботі розглянуто способи встановлення терм-множини шкали з нечіткою ЛЗ зі врахуванням двох критеріїв: допустимої точності і компактності бази знань.

1. АНАЛІЗУВАННЯ СКЛАДОВИХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ, ЩО ВРАХОВУЮТЬСЯ ПРИ ВСТАНОВЛЕННІ ТЕРМ-МНОЖИНИ

Як вже було зазначено в вступі при вимірюванні АТ мають місце такі складові невизначеності: інструментальна невизначеність, що обумовлена похибками вимірювального приладу (для даної системи ± 3 мм рт. ст.), нестабільність латентного параметру – тиску людини (що за літературними даними дорівнює ± 5 мм рт. ст.). Виходячи з цих даних орієнтовна ширина терму повинна дорівнювати приблизно 20 мм рт. ст.. При класифікації рівнів АТ на T_1 – знижений, T_2 – нормальний, T_3 – підвищений, T_4 – високий, T_5 – дуже високий, границі термів залежать від віку, статі, наявності певних захворювань, тощо.

Середня зміна границь тиску від нормального з віком становить ± 7 мм рт. ст.. Це вимагає введення 3-х вікових груп (з різними границями і правилами) з внутрішньо-груповою зміною $\pm 2,3$ мм рт. ст.. Залежність границь тиску від статі незначна, тому стать людини при формуванні бази правил за тиском не враховується. Загальний довірчий інтервал можливої зміни АТ для однієї терм-множини з ймовірністю 0,95 становить ± 7 мм рт. ст.

2. ВИКОНАННЯ НЕЧІТКОГО ВИВЕДЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ БАЗИ

Кількість правил нечіткого виведення залежить від кількості вікових груп і груп з певними захворюваннями.

Тому в прикладі нечіткого виведення використовується нечітке правило для середньої вікової групи без певних захворювань. Кількість антецедентів визначається кількістю термів кожної множини ЛЗ «Систолічний тиск (СТ)», «Діастолічний тиск (ДТ)», «Пульс (П)».

Правило представлено у вигляді нечіткого відношення «якщо СТ, ДТ, П – X, тоді рівень навантаження – Y», де множина Y складається з 6 термів: $T_1(Y)$ – екстра легкий (рівень навантаження $< 50\%$), $T_2(Y)$ – дуже легкий (рівень навантаження 50-60%), $T_3(Y)$ – легкий (рівень навантаження 60-70%), $T_4(Y)$ – помірний (рівень навантаження 70-85%), $T_5(Y)$ – складний (рівень навантаження 85-95%), $T_6(Y)$ – максимально складний (рівень навантаження 95-100%) [2].

Таблиця 1. МАТРИЦЯ НЕЧІТКОГО ВІДНОШЕННЯ «ЯКЩО X, ТО Y»

терми X	$T_1(Y)$	$T_2(Y)$	$T_3(Y)$	$T_4(Y)$	$T_5(Y)$	$T_6(Y)$
$T_1(X)$	0	0	0,5	0,8	1	0,8
$T_2(X)$	0	0	0	0,5	0,8	1
$T_3(X)$	0	0,5	0,8	1	0	0
$T_4(X)$	0,5	0,8	1	0	0	0
$T_5(X)$	1	0,8	0,5	0	0	0

Для прикладу (табл.1) обрано середню вікову групу (40 - 60 років).

Значення границь параметрів у окремих термах множини ЛЗ:

$T_1(x \rightarrow CT) - 90-110$, $T_2(x \rightarrow CT) - 110-130$, $T_3(x \rightarrow CT) - 130-150$, $T_4(x \rightarrow CT) - 150-170$, $T_5(x \rightarrow CT) - 170-190$ (мм рт. ст.)

$T_1(x \rightarrow DT) - 55-65$, $T_2(x \rightarrow DT) - 65-80$, $T_3(x \rightarrow DT) - 80-95$, $T_4(x \rightarrow DT) - 95-110$, $T_1(x \rightarrow DT) - 110-120$ (мм рт. ст.)

$T_1(x \rightarrow P) - 50-60$, $T_2(x \rightarrow P) - 60-70$, $T_3(x \rightarrow P) - 70-80$, $T_4(x \rightarrow CT) - 80-90$, $T_5(x \rightarrow CT) - 90-100$ (уд/хв.)

Виконане моделювання на основі результатів вимірювання параметрів, що характеризують стан трьох користувачів для демонстрації роботи системи, з метою отримання рекомендацій щодо допустимого рівня фізичного навантаження. Система розрізняє ці стани і дає чітку рекомендацію.

Результати вимірювань:

Користувач 1: CT - 120 мм рт. ст., DT - 75 мм рт. ст.; П - 68 уд/хв;

Користувач 2: CT - 180 мм рт. ст., DT - 100 мм рт. ст., П - 84 уд/хв;

Користувач 3: CT - 100 мм рт. ст., DT - 60 мм рт. ст., П - 57 уд/хв.

За віковою групою і впливними величинами обрано шкалу класифікації і отримано результат нечіткої класифікації стану користувача (РНК):

Користувач 1:

РНК1: $CT \rightarrow T_2(X) \mid 1$; $DT \rightarrow T_2(X) \mid 0,8$; $T_3(X) \mid 0,2$; $P \rightarrow T_2(X) \mid 1$;

Після взаємодії класифікації даних з матрицею (табл.1) отримуємо:

СТ: $T_4(Y) \mid 0,5$; $T_5(Y) \mid 0,8$; $T_6(Y) \mid 1$;

ДТ: $T_2(Y) \mid 0,1$; $T_3(Y) \mid 0,16$; $T_4(Y) \mid 0,6$; $T_5(Y) \mid 0,64$; $T_6(Y) \mid 0,8$;

П: $T_4(Y) \mid 0,5$; $T_5(Y) \mid 0,8$; $T_6(Y) \mid 1$;

Результати виведення з нормалізацією:

СТ: $T_4(Y) \mid 0,22$; $T_5(Y) \mid 0,35$; $T_6(Y) \mid 0,43$;

ДТ: $T_4(Y) \mid 0,26$; $T_5(Y) \mid 0,29$; $T_6(Y) \mid 0,35$;

П: $T_4(Y) \mid 0,22$; $T_5(Y) \mid 0,35$; $T_6(Y) \mid 0,43$;

Об'єднаний нечіткий результат щодо рівня фізичного навантаження:

ОФП1: $T_4(Y) \mid 0,23$; $T_5(Y) \mid 0,33$; $T_6(Y) \mid 0,44$

Користувач 2:

РНК: $CT \rightarrow T_5(X) \mid 1$; $DT \rightarrow T_3(X) \mid 0,2$; $T_4(X) \mid 0,8$; $P \rightarrow T_4(X) \mid 1$;

Після взаємодії класифікації даних з матрицею (табл.1) отримуємо:

СТ: $T_1(Y) \mid 1$; $T_2(Y) \mid 0,8$; $T_3(Y) \mid 1$;

ДТ: $T_1(Y) \mid 0,4$; $T_2(Y) \mid 0,74$; $T_3(Y) \mid 0,96$; $T_4(Y) \mid 0,2$;

П: $T_1(Y) \mid 1$; $T_2(Y) \mid 0,8$; $T_3(Y) \mid 0,5$;

Об'єднаний нечіткий результат щодо рівня фізичного навантаження після нормалізації:

ОФП2: $T_1(Y) \mid 0,33$; $T_2(Y) \mid 0,33$; $T_3(Y) \mid 0,34$;

Користувач 3:

РНК: $CT \rightarrow T_1(X) \mid 1$; $DT \rightarrow T_1(X) \mid 1$; $P \rightarrow T_1(X) \mid 1$;

Після взаємодії класифікації даних з матрицею (табл.1) отримуємо:

СТ: $T_3(Y) \mid 0,5$; $T_4(Y) \mid 0,8$; $T_5(Y) \mid 1$; $T_6(Y) \mid 0,8$;

ДТ: $T_3(Y) \mid 0,5$; $T_4(Y) \mid 0,8$; $T_5(Y) \mid 1$; $T_6(Y) \mid 0,8$;

П: $T_3(Y) \mid 0,5$; $T_4(Y) \mid 0,8$; $T_5(Y) \mid 1$; $T_6(Y) \mid 0,8$;

Об'єднаний нечіткий результат щодо рівня фізичного навантаження після нормалізації:

ОФПЗ: $T_3(Y) \mid 0,16$; $T_4(Y) \mid 0,26$; $T_5(Y) \mid 0,32$; $T_6(Y) \mid 0,26$;

На основі нечітких рекомендацій з рівня навантаження можемо провести процедуру дефазифікації. Тобто перетворити нечітку множину в чіткий результат.

Ц.Т₁=92%, Ц.Т₂=54%, Ц.Т₃=86%

Проаналізувавши дані які отримані після дефазифікації, можна надати такі рекомендації:

Користувач 1 – рекомендована складна інтенсивність фізичного навантаження; користувач 2 – рекомендована дуже легка інтенсивність фізичного навантаження; користувач 3 – рекомендована помірна інтенсивність фізичного навантаження.

Таким чином система виведення розрізняє отримані дані про фізичний стан користувачів за розробленою шкалою і забезпечує необхідні рекомендації.

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто способи встановлення терм-множини шкали з нечіткою лінгвістичною змінною з урахуванням складових невизначеності вимірювання. Значення розширеної невизначеності у вигляді границь довірчого інтервалу використовуються при обчисленні кількох термів множини і при виборі функції приналежності окремих термів. Якщо сумарна невизначеність вимірювання велика, то її можна зменшити за групуванням впливних факторів і збільшенням кількості правил. Тому встановлення нечіткої терм-множини проводиться за компромісом двох критеріїв: необхідної точності і компактності бази правил. Апробація наведених способів проведена для системи визначення допустимого рівня фізичного навантаження за класифікованими даними щодо фізичного стану користувача системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Пегат А. «Нечеткое моделирование и управление / пер. с англ. – М. : Бином, Лаборатория знаний, 2009 – 798 с.: (Адаптивные и интеллектуальные системы)
- [2] Toth-Laufer E., Varkonyi- Koczy A.R., «A Soft Computing – Based Hierarchical Sport Activity Risk Level Calculation Model for Supporting Home Exercises», *IEEE TRANSACTION ON INSTRUMENTATION AND MEASUREMENT*, VOL.63, NO. 6, JUNE 2014
- [3] Штовба С. Д., Штовба О. В., Панкевич О. Д., «Критерії точності та компактності для оцінювання якості нечітких баз знань у задачах ідентифікації», *Наукові праці ВНТУ*, 2012, №4.

Наук. керівник – к.т.н., доц., проф, Яремчук Н. А.

УДК 681.2

СПОСОБИ ЗМЕНШЕННЯ НЕЧІТКОСТІ ФУНКЦІЙ ПРИНАЛЕЖНОСТІ ТЕРМ-МНОЖИНИ ШКАЛИ З ЛІНГВІСТИЧНОЮ ЗМІННОЮ

Яремчук Н. А., Коваль К. А.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут

ім. Ігоря Сікорського», місто Київ, Україна

E-mail: katerina7koval@gmail.com

В інтелектуальних вимірювальних системах результати вимірювань використовуються при нечітких виведеннях і нечітких обчисленнях. Тому в таких системах має місце поліморфізм, тобто відображення вимірювальних властивостей декількома шкалами, а саме метричною шкалою і шкалою з нечіткою лінгвістичною змінною (ЛЗ). При відтворенні шкали з ЛЗ спочатку визначається кількість термів і їх чіткі границі у відповідності з існуючими рекомендаціями, настановами, нормативними документами, тощо. Після цього аналізуються складові невизначеності, що супроводжують результати вимірювання за метричною шкалою і ті, що пов'язані з визначенням термів ЛЗ. Можна навести шкалу вимірювання артеріального тиску (АТ), за якої встановлено 11 термів ЛЗ з областю визначення кожного від 10 до 20 мм рт. ст. Але якщо врахувати інструментальну невизначеність вимірювання АТ, нестабільність АТ і такі впливні фактори, як вік, стать, то індекс нечіткості окремих функцій приналежності (ФП) термів ЛЗ стає занадто великим. Зменшити індекс нечіткості до певної межі можна за рахунок збільшення бази правил. Але при цьому необхідно знайти компроміс між критеріями точності при побудові шкали і критеріями компактності бази правил [1]. Тому, при реалізації способів зменшення нечіткості ФП терм-множини шкали з ЛЗ треба виходити з такої послідовності встановлення шкали. Виходячи з інструментальної невизначеності вимірювання за метричною шкалою і враховуючи нестабільність вимірюваного параметра за інформаційним критерієм точності обирають максимальну кількість термів ЛЗ і відповідно кількість антецедентів в базі правил. Границі термів може бути змінено без порушення семантичної цілісності області визначення ЛЗ. Далі аналізують вплив окремих факторів на нечіткість ФП термів ЛЗ і вирішують питання про їх можливе розбиття за рахунок збільшення правил бази знань. При проектуванні системи може бути виділено 3 вікових групи при внеску в загальну невизначеність $\pm 2,5$ мм рт. ст. Таким чином, на рівні бази правил та на рівні ФП термів ЛЗ можуть бути реалізовані способи зменшення шкали з ЛЗ.

Ключові слова: лінгвістична змінна, нечіткість шкали

Література:

- [1] Штовба С., Штовба О., Панкевич О., «Критерії точності та компактності для оцінювання якості нечітких баз знань у задачах ідентифікації», Наукові праці ВНТУ, 2012, №4