

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерних наук

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Інформаційна технологія організації та проведення тренувального процесу. Частина 1. Аналіз даних та нечітка логіка»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2КН-22м  
спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Шелестюк Б. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник – д.т.н., професор кафедри КН

Яровий А. А.

(прізвище та ініціали)

« 07 » 12 2023 р.

Опонент: д.т.н., в.о. зав.кафедри КСУ

Юхимчук М.С.

(прізвище та ініціали)

« 07 » 12 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри КН

д.т.н., проф. Яровий А.А.

« 08 » 12 2023 р.

Вінниця ВНТУ – 2023 рік

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації  
Кафедра комп'ютерних наук  
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)  
Галузь знань – 12 «Інформаційні технології»  
Спеціальність – 122 «Комп'ютерні науки»  
Освітньо-професійна програма – «Системи штучного інтелекту»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри КН**

**Д.т.н., проф. Яровий А.А.**

**“19” 08 2023 року**

**ЗАВДАННЯ**

**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Шелестюку Богдану Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по-батькова)

1. Тема роботи: Інформаційна технологія організації та проведення тренувального процесу. Частина 1. Аналіз даних та нечітка логіка.

керівник роботи: д.т.н., професор кафедри КН, Яровий А. А.

затверджені наказом вищого навчального закладу від “18” 08 2023 року №44

2. Строк подання студентом роботи “13” 11 2023 року

3. Вихідні дані до роботи:

максимальний час завантаження сторінки не більше 3000 мс, максимальний розмір бази знань менше 40МБ, потужність бази знань не менше 80 евристик, забезпечення кросбраузерності.



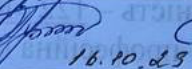

4. Зміст текстової частини:

Вступ, аналіз сучасного стану розвитку, методів та методологій організації тренувального процесу, проектування нечіткої інтелектуальної системи для підтримки проведення тренувального процесу, програмна реалізація нечіткої інтелектуальної системи для підтримки проведення тренувального процесу, програмна реалізація клієнтської частини інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу, економічна частина, висновки, перелік використаних джерел, додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Структура вхідних та вихідних факторів нечіткої інтелектуальної системи, діаграма компонентів інформаційної технології, сторінки результатів аналізу протеїнів за різними бюджетами, узагальнена структура системи нечіткого логічного виведення для вибору протеїну, структура дерева нечіткого логічного виведення для вибору протеїну, результати усіх етапів нечіткого логічного виведення.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Яровий Андрій Анатолійович, д.т.н., професор кафедри КН.	 29.09.23	 10.10.23
5	Ратушняк Ольга Георгіївна, к.т.н., доцент кафедри ЕПВМ	 16.10.23	 05.10.23

7. Дата видачі завдання "29" 08 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Термін виконання		Примітки
		початок	закінчення	
1	Аналіз сучасного стану розвитку, методів та методологій організації тренувального процесу	01.09.23	04.09.23	
2	Проектування нечіткої інтелектуальної системи для підтримки проведення тренувального процесу	08.09.23	24.09.23	
3	Програмна реалізація нечіткої інтелектуальної системи для підтримки проведення тренувального процесу	25.09.23	15.10.23	
4	Розробка клієнтської частини інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу	16.10.23	20.10.23	
5	Тестування роботи інтерфейсів клієнтської частини інформаційної технології	21.10.23	29.10.23	
6	Підготовка економічної частини	30.10.23	05.11.23	
7	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу та презентації	06.11.23	10.11.23	

Студент

  
(підпис)

Шелестюк Б.І.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Яровий А. А.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

УДК 004.8

Шелестюк Б. І. Інформаційна технологія організації та проведення тренувального процесу. Частина 1. Аналіз даних та нечітка логіка. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», освітня програма «Системи штучного інтелекту». Вінниця: ВНТУ, 2023. 176 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 40 назв; рис.: 67; табл. 33.

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці інформаційної технології організації та проведення тренувального процесу, а саме нечіткої інтелектуальної системи для аналізу та надання рекомендацій щодо раціону та клієнтської частини інформаційної технології. Проведено аналіз сучасного стану розвитку методів та методологій організації тренувального процесу. Здійснено проектування нечіткої інтелектуальної системи, в ході якого, було запропоновано використовувати дерево нечіткого логічного виведення. Розроблено логіко-лінгвістичну модель та базу знань нечіткої інтелектуальної системи засобами MATLAB. Виконано програмну реалізацію клієнтської частини інформаційної технології за допомогою середовища розробки Visual Studio Code, мови програмування TypeScript та фреймворку Angular. Тестування підтвердило підвищення якості надання рекомендацій щодо раціону на 8,5% у порівнянні з найближчою, за своїми можливостями, програмою-аналогом.

Графічна частина складається з 6 плакатів.

У економічному розділі визначено, що згідно узагальненого коефіцієнту конкурентоспроможності, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 2,26 рази. Термін окупності становить 2,86 р., що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Ключові слова: тренувальний процес, нечітка логіка, дерево нечіткого логічного виведення, раціон, спортивне харчування, надання рекомендацій.

## ABSTRACT

Shelestiuk B.I. Information Technology for Organizing and Conducting Training Process. Part 1. Data analysis and fuzzy logic. Master's thesis in the specialty 122 «Computer sciences», educational program «Artificial intelligence systems». Vinnytsia: VNTU, 2023. 176 p.

In Ukrainian language. Bibliogr.: 40 titles; fig. 67; table 22.

This master's thesis is dedicated to the development of information technology for organizing and conducting training process, specifically a fuzzy intelligent system for analyzing and providing recommendations regarding the ration and client part of information technology. An analysis of the current state of the development of methods and methodologies for organizing the training process was conducted. The design of a fuzzy intelligent system was carried out, in which the use of a fuzzy logic inference tree was proposed. A logic-linguistic model and knowledge base of the fuzzy intelligent system were developed using MATLAB. The software implementation of the client-side of the information technology was carried out using the Visual Studio Code development environment, TypeScript programming language, and the Angular framework. The testing confirmed an 8.5% improvement in the quality of dietary recommendations compared to similar programs.

The graphical part consists of 6 posters.

In the economic section, it is determined that according to the generalized coefficient of competitiveness, scientific and technical development exceeds existing analogues by approximately 2.26 times. The payback period is 2.86 years, which is less than 3 years, which indicates the commercial attractiveness of the scientific and technical development and may encourage a potential investor to finance the implementation of this development and its introduction to the market.

Keywords: training process, fuzzy logic, fuzzy inference system tree, diet, sports nutrition, providing recommendations.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ТА МЕТОДОЛОГІЙ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ .....	7
1.1 Аналіз предметної області організації тренувального процесу.....	7
1.2 Аналіз основних складових тренувального процесу.....	13
1.2.1 Складова “Тренування” .....	15
1.2.2 Складова “Раціон” .....	17
1.2.3 Складова “Відновлення” .....	20
1.3 Аналіз відомих методів та методологій для організації тренувального процесу.....	22
1.4 Висновок до розділу 1 .....	26
2 ПРОЕКТУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ .....	27
2.1 Архітектура нечіткої інтелектуальної системи.....	27
2.2 Логіко-лінгвістична модель нечіткої інтелектуальної системи.....	29
2.3 Структура вхідних та вихідних факторів системи нечіткого логічного виведення.....	46
2.4 Висновок до розділу 2.....	48
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ НЕЧІТКОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ .....	50
3.1 Обґрунтування вибору середовища для розробки.....	50
3.2 Розробка бази знань.....	53
3.3 Компіляція нечіткої інтелектуальної системи в динамічну бібліотеку.....	62
3.4 Тестування розробленої нечіткої інтелектуальної системи.....	65
3.5 Висновок до розділу 3 .....	87
4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛІЄНТСЬКОЇ ЧАСТИНИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ.....	89
4.1 Обґрунтування вибору засобів розробки клієнтської частини .....	89

4.2 Розробка клієнтської частини застосунку.....	92
4.3 Тестування клієнтської частини застосунку та аналіз отриманих результатів .....	100
4.4 Висновок до розділу 4 .....	110
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА .....	112
5.1 Опис концепції проекту .....	112
5.2 Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки.....	113
5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи .....	127
5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки та її можливої комерціалізації потенційним інвестором.....	138
5.5 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	142
5.6 Висновок до розділу 5 .....	144
ВИСНОВКИ .....	146
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	149
Додаток А (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень .....	155
Додаток Б (обов'язковий) Лістинг програми.....	156
Додаток В (обов'язковий) ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА .....	170

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** За останні десятиліття проблема необхідності регулярних фізичних навантажень та тренувань стала досить актуальною у суспільстві [1]. Причиною стрімкого росту зацікавленості проблемою необхідності регулярних фізичних навантажень та тренувань є кардинальна зміна способу життя більшості людей цивілізованого світу. Інтенсивний, всеосяжний процес впровадження обчислювальних машин, автоматизації та цифровізації, на всіх рівнях життєдіяльності людини, спричинив розвиток багатьох захворювань і проблем, як фізичного, так і психологічного характеру, не притаманних людям раніше. При дослідженні вищевказаних проблем, значна частина вчених, почала відзначати всебічний позитивний вплив регулярних фізичних навантажень на якість життя та здоров'я людини [2].

Розробка інформаційної технології організації та проведення тренувального процесу є актуальною, оскільки у суспільстві сьогодні є спільна потреба забезпечення фізичного, психологічного та соціального добробуту в умовах сучасного способу життя, за допомогою простих та доступних рішень. Надання рекомендацій щодо створення програм тренувань, або підбору раціону є складною та не тривіальною задачею. Для розв'язання цієї проблеми доцільним є застосування теорії та методів штучного інтелекту, зокрема використання нечіткої логіки для аналізу та підбору раціону, або його окремих складових. Використання нечіткої логіки дозволить проводити відносно швидке моделювання складних динамічних систем з допустимим ступенем точності, значно спростить процес розробки інформаційної технології та дозволить працювати з даними в умовах невизначеності, браку науково доведеної інформації, чи в ситуації, коли побудувати чіткий алгоритм не є можливим.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Магістерська робота виконана відповідно до напрямку наукових досліджень кафедри комп'ютерних наук Вінницького національного технічного



університету 22 К1 "Розробка прикладних інтелектуальних інформаційних технологій та систем" і плану наукової та навчально-методичної роботи кафедри.

**Мета та завдання дослідження.** Метою дослідження є розширення функціональних можливостей інформаційної технології організації та проведення тренувального процесу, а також підвищення якості надання рекомендацій щодо визначення раціону, як складової тренування.

Для досягнення поставленої мети, необхідно розв'язати наступні задачі:

- провести аналіз сучасного стану розвитку методів та методологій організації тренувального процесу;
- спроектувати та здійснити розробку логіко-лінгвістичної моделі нечіткої інтелектуальної системи;
- розробити базу знань нечіткої інтелектуальної системи;
- програмно реалізувати нечітку інтелектуальну систему для підтримки проведення тренувального процесу;
- провести тестування розробленої нечіткої інтелектуальної системи;
- розробити клієнтську частину інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу.

**Об'єкт дослідження** – процес аналізу даних та надання рекомендацій при організації та проведенні тренувань.

**Предмет дослідження** – програмний засіб аналізу даних та надання рекомендацій щодо раціону, як складової тренування.

**Методи дослідження.** У роботі використані такі методи наукових досліджень: аналіз аналогічних технологій та програмних рішень, що дозволяє визначити більшість проблем та труднощів, які необхідно вирішити в даній роботі. Методи та підходи до розробки систем нечіткого логічного виведення, методи та підходи до розробки веб-орієнтованих програмних застосунків, методи об'єктно-орієнтованого програмування.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Удосконалено інформаційну модель організації та проведення тренувального процесу, що відрізняється від існуючих, комбінованим застосуванням нечіткої логіки при проведенні аналізу

раціону та бази знань експертних систем, що забезпечило підвищення якості надання рекомендацій щодо створення програм тренувань.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що визначено основні етапи роботи модулів нечіткої логіки та надання рекомендацій щодо визначення раціону, як складової тренування. Розроблено структуру інформаційної технології організації та проведення тренувального процесу, а також на основі проведених досліджень здійснено програмну реалізацію клієнтської частини інформаційної технології організації та проведення тренувального процесу.

**Достовірність теоретичних положень** магістерської кваліфікаційної роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, тестуванням програмної реалізації інформаційної технології організації та проведення тренувального процесу.

**Особистий внесок магістранта.** Усі результати, що наведені у магістерській кваліфікаційній роботі, отримані самостійно. У роботах, опублікованих у співавторстві, автору належать такі результати: [3] – розробка способу оптимізації нечіткої бази знань; [4] – розробка методів сервісу ExpertProviderService для заповнення бази знань фактами з бази даних розробленої інформаційної технології.

**Апробація результатів роботи.** Результати досліджень апробовані на XI-й Міжнародній науково-практичній конференції EUROPEAN SCIENTIFIC CONGRESS, 27-29 листопада (Мадрид, 2023) [4] та на Міжнародній науково-практичній конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)", Вінниця 2023 [3].

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано дві статті [3, 4] у збірниках матеріалів міжнародних науково-практичних конференцій.

# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ТА МЕТОДОЛОГІЙ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

## 1.1 Аналіз предметної області організації тренувального процесу

Тренувальний процес можна визначити, як систематичну послідовність дій і заходів, спрямованих на підготовку та розвиток особистості, навичок, знань, а також вмінь [5]. Цей процес має на меті підвищення рівня компетентності, ефективності та професійного розвитку у певній сфері діяльності, чи галузі. Основними причинами збільшення запиту в суспільстві на регулярні фізичні навантаження та тренування є:

- здоров'я і якість життя. У сучасному суспільстві все більше людей ведуть сидячий спосіб життя і проводять багато часу за комп'ютерами, смартфонами, іншими цифровими засобами на роботі та вдома. Це призводить до збільшення ризику розвитку хронічних захворювань, таких як серцево-судинні захворювання, ожиріння, діабет, депресія та інші. Регулярні фізичні навантаження та тренування допомагають покращити фізичне здоров'я, зміцнити імунну систему, знизити ризик виникнення цих захворювань і покращити загальний стан організму;
- стрес та психологічне здоров'я. Сучасне життя часто супроводжується стресом, а тривалий стрес може призвести до розвитку психічних проблем, таких як тривожність та депресія. Фізичні тренування сприяють виділенню ендорфінів, так званих "гормонів щастя", які підвищують настрій і знижують рівень стресу. Вони також допомагають покращити якість сну;
- продуктивність та покращення когнітивних функцій. Регулярні фізичні тренування сприяють покращенню кровообігу, включаючи постачання крові до мозку. Це може покращити когнітивні функції, включаючи зосередженість, пам'ять і швидкість розв'язання проблем. Відомо, що фізична активність покращує креативність та продуктивність на роботі або в навчанні;

- соціальний аспект. Багато людей сьогодні стикаються з проблемами соціальної ізоляції і віддаленої роботи. Регулярні тренування можуть стати не тільки засобом покращення фізичного стану, але й можливістю взаємодіяти з іншими людьми, знайти спільні інтереси і стати частиною певної спільноти.

Крім того, люди стали більш обізнаними про позитивний вплив регулярних фізичних навантажень на життя та здоров'я, як показано на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Позитивний впливу регулярних фізичних навантажень на життя та здоров'я людини

Загалом, регулярні фізичні навантаження та тренування стали актуальними сьогодні через спільну потребу забезпечення фізичного, психологічного та соціального благополуччя в умовах сучасного способу життя.

Тренувальний процес [6] у сфері фітнесу і спорту представляє собою систематичну та організовану діяльність, спрямовану на підготовку і розвиток фізичних якостей, навичок та вмінь у спортсменів та людей, що тренуються.

Його основна мета – досягнення оптимальних результатів у спортивних змаганнях або досягнення фітнес-цілей, таких як покращення здоров'я, збільшення фізичної сили, витривалості, гнучкості та інших аспектів фізичного розвитку. Тренувальний процес базується на наукових принципах фізіології, біомеханіки, психології та інших галузей науки. Для ефективності тренувального процесу важливо враховувати індивідуальні особливості людини, а також використовувати інноваційні методи та сучасні технології. Тренувальний процес є основною складовою успішної підготовки в спорті та фітнесі, сприяючи досягненню високих спортивних результатів та покращенню якості життя.

Організація тренувального процесу у фітнесі та спорті вимагає використання різноманітних підходів, принципів, методів та методологій, які дозволяють досягти оптимальних результатів у підготовці та розвитку фізичних якостей і навичок. Розглянемо основні підходи та принципи [7], які є ключовими в організації ефективного тренувального процесу.

*Індивідуалізація та персоніфікація тренувальних програм.* Підходи спрямовані на індивідуалізацію та персоніфікацію тренувальних програм фокусуються на унікальних потребах і можливостях кожного окремого спортсмена, або фітнес-ентузіаста. Ці підходи стали ключовими в сучасному спорті та фітнесі, оскільки вони сприяють досягненню кращих результатів і збереженню якості життя. Індивідуалізація тренувальних програм передбачає створення програм, які враховують індивідуальні особливості, потреби та цілі кожного спортсмена або людини, що тренується. Персоніфікація тренувальних програм ще більше звужує фокус, орієнтуючись на конкретні можливості, здібності та особистості характеру людини. Цей підхід може включати в себе врахування індивідуальних характеристик, які не підпадають, або не входять до загальноприйнятих практик та методів організації тренувального процесу. Індивідуалізація та персоніфікація дозволяють максимально використовувати потенціал кожної людини та зробити тренування більш ефективними.

*Циклічність тренувального процесу.* Циклічність тренувального процесу є важливою концепцією у спорті та фітнесі. Вона передбачає, що тренувальний

процес розглядається як послідовність циклів або фаз, які регулярно повторюються з метою досягнення покращених результатів та підтримання оптимальної фізичної форми. Цей підхід дозволяє краще регулювати навантаження, зменшувати ризик перевтоми та забезпечувати систематичний прогрес. Основні етапи циклічного тренувального процесу, включають:

- планування. На цьому етапі визначаються цілі, формуються бажані значення показників та призначення програми тренувань. Також розробляється загальний графік та структура тренувань;
- підготовчий період. Акцент зазвичай робиться на покращення рівня загальної фізичної підготовки та виправленні слабких сторін;
- завершальний період. Ця фаза передбачає підвищення інтенсивності тренувань та підготовку до конкретних змагань чи досягнення поставлених цілей. Фокус в тренуваннях зміщується від загального до цільових вправ та роботі з цільовими м'язами;
- змагання чи досягнення цілей. На цьому етапі людина використовує накопичений тренувальний об'єм та підготовку для досягнення своїх цілей у спорті чи фітнесі;
- відновлення. Після завершення змагань або досягнення поставлених цілей, настає період відновлення, коли тренувальний об'єм значно скорочується, а набір вправ спрощується. Організм та центральна нервова система відпочиває та відновлюється від інтенсивних тренувань і напруження;
- повторення циклу. Після відновлення тренувальний процес починається спочатку, з новими цілями, або завданнями для покращення результатів.

Циклічність дозволяє прогресувати та уникнути перевтоми, оскільки передбачає чергування фаз з більшою інтенсивністю та фаз з меншою навантаженістю. Цей підхід також допомагає тренерам і спортсменам більш ефективно планувати та керувати тренувальним процесом, щоб досягти найкращих результатів.

*Принцип прогресивного навантаження.* Принцип прогресивного навантаження – це фундаментальний принцип тренувань у спорті та фітнесі,

який передбачає поступове збільшення інтенсивності, об'єму чи складності тренувань з часом. Цей підхід дозволяє тілу адаптуватися до нових навантажень і отримувати достатній стимул для покращення фізичної форми. Основні аспекти принципу прогресивного навантаження, включають наступне:

- збільшення інтенсивності. Це може включати збільшення ваги впродовж силових тренувань, збільшення швидкості під час кардіовправ, чи збільшення опору під час тренувань на тренажерах тощо;
- збільшення об'єму тренувань. Передбачає збільшення кількості повторень, сетів, чи тривалості знаходження цільової групи м'язів під навантаженням;
- зміна складності програми тренувань. Додавання нових вправ, зміна техніки виконання або впровадження більш складних рухів допомагає стимулювати розвиток м'язів та покращувати фізичну форму;
- зміна тривалості відпочинку. Зменшення часу відпочинку між сетами або вправами може зробити тренування більш важким;
- циклічність навантаження. Періодичні зміни інтенсивності та об'єму тренувань допомагають запобігти перевтомі та сприяють подальшому прогресу;
- оцінка та моніторинг. Постійна оцінка результатів тренувань допомагає визначити, коли, як і на скільки потрібно змінити тренувальну програму для досягнення прогресу.

Принцип прогресивного навантаження враховує той факт, що після певного часу організм стає звиклим та адаптується до поточного рівня навантаження і для подальшого прогресу потрібно збільшувати навантаження. Цей принцип є основою для досягнення і покращення результатів у спорті та фітнесі, а також допомагає уникнути стагнації чи перевтоми.

*Використання різних видів навантажень.* Використання різних видів навантажень є важливим аспектом всебічної та різносторонньої фізичної підготовки, що дозволяє досягти найкращих результатів у спорті та фітнесі. Використовуючи різні види навантажень, ми можемо комплексно та всебічно розвивати тіло і покращувати фізичну форму, зменшити кількість

слаборозвинутих м'язових груп, а також залучати максимальну кількість м'язів організму при виконанні тренувальної програми. До основних видів навантажень, які використовуються при фізичній підготовці слід віднести:

- силові навантаження. Включають в себе вправи з використанням додаткової ваги, окрім ваги власного тіла. Силові тренування сприяють розвитку об'єму, щільності м'язів та збільшенню силових показників;
- кардіо-навантаження. Спрямоване на підвищення кардіореспіраторної витривалості. Включає в себе біг, стрибки та інші аеробні вправи;
- гнучкість і розтяжка. Сприяють покращенню гнучкості та еластичних можливостей м'язів і стабільності роботи суглобів при навантаженні;
- координаційні вправи. Спрямовані на покращення роботи вестибулярного апарату, координації та реакції;
- функціональні тренування. Функціональні вправи унікальні тим, що вони імітують рухи, які зазвичай виконуються в повсякденному житті, такі як присідання, нахили, підйоми, ходьбу складним рельєфом тощо. При їх виконанні використовуються мінімальні навантаження на скелет та суглоби. Людина оперує тільки власною вагою, при необхідності задіює спеціальні тренажери, які дозволяють долучити до роботи всі можливі види м'язів. Функціональний тренінг передбачає поєднання у собі елементи силових і кардіо-тренувань, гімнастики та аеробіки;
- спеціалізовані види тренувань. До такого виду тренувань можемо віднести відпрацювання певних акробатичних вправ, дихальні вправи тощо. При додаванні спеціалізованих тренувань фокус уваги спрямовується на виправлення чітко визначених недоліків та слабких сторін людини;
- відпрацювання психологічної та ментальної стійкості. Виконання вправ спрямованих на покращення психологічної стійкості та концентрації, що допомагає краще долати стрес і підтримувати позитивний психологічний стан під час тренувального процесу.

Використання та комбінування різних видів навантажень дозволяє підтримувати різнобічний розвиток організму, запобігати перевтомі та



покращувати фізичну форму. Ефективне поєднання цих видів тренувань залежить від індивідуальних цілей, фізичних можливостей та спортивної дисципліни.

*Використання наукових досліджень та інновацій.* Використання актуальних наукових досліджень та інновацій у спорті і фітнесі є важливим компонентом для досягнення високих результатів. Цей підхід допомагає розробити ефективніші, індивідуалізовані тренувальні програми, покращити склад раціону, методи відновлення після навантажень, а також використовувати сучасні технології для моніторингу та аналізу фізичної активності. Важливою складовою цього підходу є постійне оновлення та адаптація до нових досліджень і технологій, які можливо застосувати для покращення тренувального процесу.

*Враховання психологічних аспектів тренувань.* Враховання психологічних аспектів в тренувальному процесі є досить важливим для сталого прогресу та досягнення поставлених цілей у спорті та фітнесі. Психологічна стійкість, мотивація та психологічний комфорт можуть суттєво впливати на результати тренувань і спортивні досягнення. Це один із тих аспектів, які досить часто недооцінюються при складанні програми тренувань та безпосередньо у тренувальному процесі. Потрібно складати не просто найкращу, з точки зору науки, програму тренувань, а і таку, яка буде комфортною та прийнятною для людини, тобто адаптувати її. Ефективною можна рахувати саме ту програму тренувань, яку людина здатна виконати в повному об'ємі та без втрати результативності виконання. Для цього позитивна мотивація, психологічна стійкість та вміння утримувати концентрацію уваги на досягненні цілі – може мати ключове значення.

## **1.2 Аналіз основних складових тренувального процесу**

Тренувальний процес у спорті та фітнесі є складним і багатограним. Основна його мета – удосконалення фізичного стану людини, оволодіння системою певних рухів у вибраному виді спорту, розвиток специфічних навичок

та досягнення спортивних, чи фітнес-цілей. Організація тренувального процесу включає, не лише фізичні вправи та тренування, а й комплексний підхід до харчування і відновлення організму. Враховуючи актуальні наукові дані в галузі тренувального процесу у спорті та фітнесі, можливо виділити три основні складові:

- *тренування* (фізичні навантаження). Тренування є основною складовою тренувального процесу та спрямоване на підготовку організму до досягнення певних попередньо визначених цілей фізичних навантажень. Тренування мають бути систематичними, збалансованими та індивідуально підібраними;
- *раціон* (харчування). Раціон грає важливу роль у тренувальному процесі. Харчування має бути збалансованим, містити необхідну кількість білків, жирів, вуглеводів, вітамінів та мінералів.;
- *відновлення* (сон та відпочинок). Відновлення організму після тренувань є критично важливим елементом. Сон грає ключову роль у відновленні фізичних та психологічних резервів організму. Під час сну відбувається відновлення м'язів, оптимізація гормонального балансу та зміцнення імунної системи.

Розглянемо детальніше основні складові тренувального процесу, а також їх взаємозв'язок і важливість в досягненні успішних результатів у фітнесі та спорті. Ефективний тренувальний процес потребує коректної взаємодії усіх цих складових. Тренування стимулює вивільнення необхідних гормонів і розвиток м'язів у потрібному функціональному напрямку та забезпечує необхідну витрату енергії. Належне харчування і збалансований раціон надає організму необхідні будівельні та енергетичні матеріали. Після тренувань необхідно відновлювати організм за допомогою сну та відпочинку, щоб підготувати його до наступного тренування. Комплексний підхід, який об'єднує тренування, раціон і відновлення, допомагає досягти максимальних результатів, оптимізує ефективність тренувань та забезпечує загальне покращення фізичного стану і спортивних результатів.

### 1.2.1 Складова “Тренування”

Тренування є основною і ключовою складовою [8] тренувального процесу у фітнесі та спорті. Вона включає в себе планування, організацію і проведення фізичних вправ та занять, з метою досягнення певних цілей, які можуть бути направлені на спортивні досягнення, або покращенням фізичного стану. Розглянемо детальніше основні складові тренування, які наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні складові «Тренування».

Основні складові «Тренування»		
1	2	3
Планування:	Організація:	Контроль та аналіз результатів:
- Визначення цілей	- Вибір методів та засобів	- Моніторинг прогресу
- Аналіз вихідного рівня	- Підбір структури тренувань	- Корекція програми тренувань
- Розробка програми тренувань	- Регулярність і систематичність	

Планування тренувань. Це досить важлива складова у досягненні фітнес-цілей та спортивного успіху. Ефективний план допомагає оптимізувати тренувальні навантаження, уникати перевтоми, травм і досягати потрібного прогресу. Помилки допущені на цьому етапі мають значний вплив на кінцевий результат виконання програми тренувань. При плануванні тренувань необхідно виділити наступні етапи:

- *визначення цілей.* Першим етапом є визначення чітких цілей тренувань, це може бути, як досягнення покращення фізичного здоров'я, збільшення м'язової маси, так і покращення витривалості тощо;
- *аналіз вихідного рівня.* Наступним етапом, здійснюється оцінка початкового (базового) фізичного стану та можливостей людини, включаючи фізичні показники, історію травм, хронічних захворювань, або інших особливостей, що можуть вплинути на досягнення цілей тренувань;

- *розробка програми тренувань*. Завершальним етапом є розробка індивідуалізованої і персоніфікованої програми тренувань, яка враховує цілі, вихідний рівень, розподіл навантажень тощо.

Організація тренувань. Наступною складовою, після планування, виступає організація тренувань. Вона включає в себе впорядкування та координацію всіх підходів і аспектів ефективного тренувального процесу з метою досягнення запланованих результатів та забезпечення збереження здоров'я людини.

При організації тренувань необхідно виділити наступні етапи:

- *вибір методів та засобів*. Першим етапом є вибір методів та засобів організації тренувань відповідно до програми, цілей та можливостей;
- *підбір структури тренувань*. Наступним етапом є підбір структури тренувань, який полягає в ефективному розподілі навантажень на конкретні м'язові групи, фази циклу тренувань тощо;
- *забезпечення регулярності та систематичності*. Завершальним етапом є дотримання регулярного графіку тренувань, систематичність у виконанні вправ задля досягнення запланованих результатів.

Контроль та аналіз результатів. Останньою складовою по порядку, але не за значенням, є контроль та аналіз результатів тренування. Це досить важливо, оскільки дозволяє оцінити ефективність тренувань, визначити досягнуті успіхи та вчасно внести корективи у графік і програму тренувань. При здійсненні контролю та аналізу результатів тренувань можливо виділити наступні етапи:

- *моніторинг прогресу*. Даний етап передбачає постійний моніторинг фізичного стану і прогресу у досягненні тренувальних цілей за допомогою вимірювань, тестувань та оцінок результатів;
- *корекція програми тренувань*. Даний етап передбачає аналіз результатів та, при необхідності, корекцію тренувальної програми для максимізації результатів і врахування змін в фізичному стані людини.

Наявність усіх складових тренування та належне виконання перелічених етапів при плануванні, організації, контролі та аналізі результатів тренувань є ключовим аспектом проведення успішного тренувального процесу.

### 1.2.2 Складова «Раціон»

Складова «Раціон» в тренувальному процесі грає важливу роль у досягненні фітнес-цілей та покращенні спортивних результатів [9]. Оптимально збалансований раціон забезпечує організм необхідними макро- та мікроелементами, а також енергією для ефективного проведення тренувань. Розглянемо детально основні компоненти складової раціон, безпосередньо, як джерела отримання енергії та всього необхідного організму в тренувальному процесі, які наведено на рисунку 1.2.

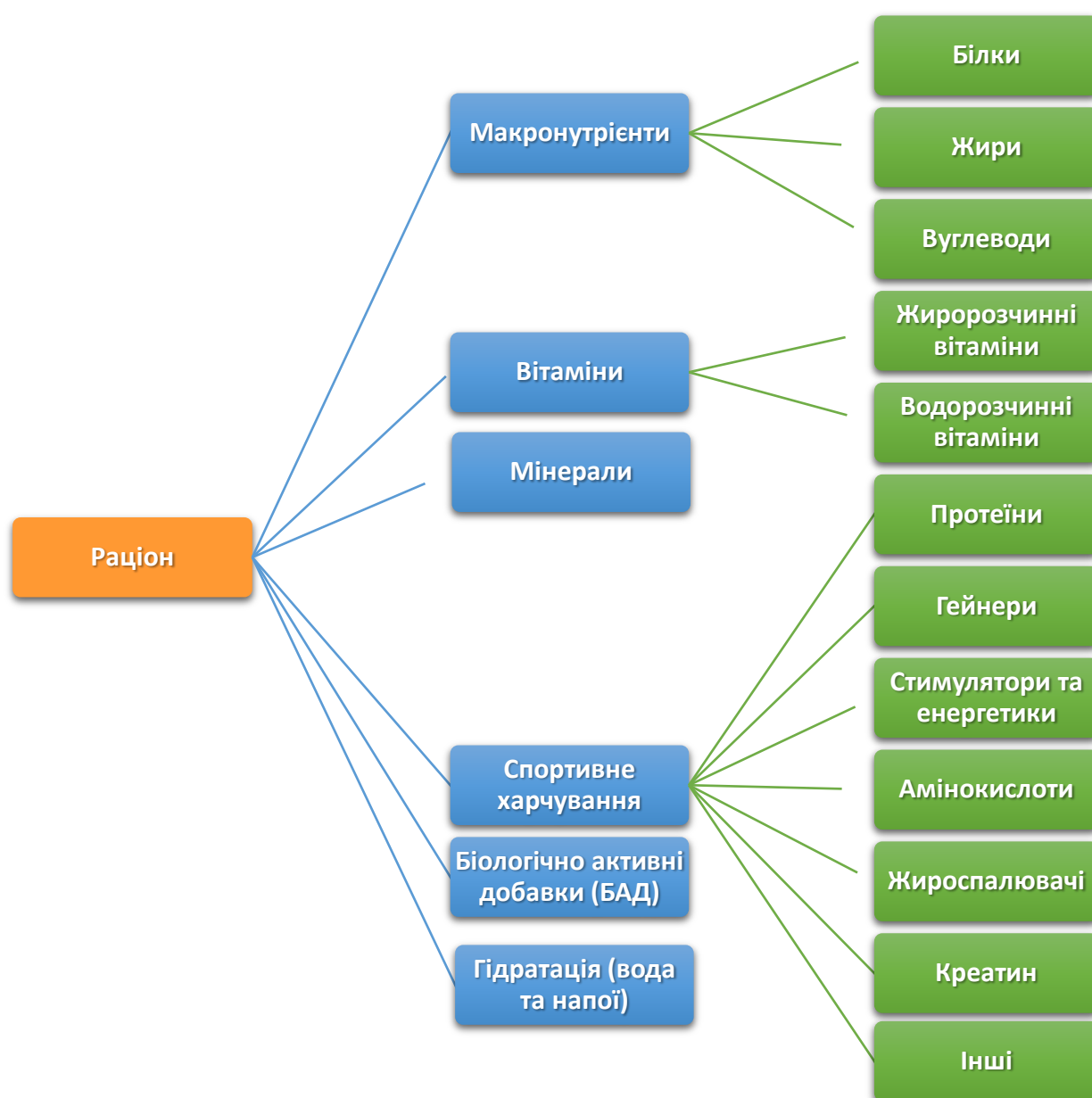


Рисунок 1.2 – Основні компоненти складової «Раціону»

Макронутрієнти. Макронутрієнти – це основні харчові речовини, які необхідні організму в значних кількостях для забезпечення енергетичної потреби та отримання більшості поживних речовин. Вчені виділяють три основних макронутрієнта: білки, жири та вуглеводи. Розглянемо детальніше кожен із них.

*Білки.* Білки – це клас макронутрієнтів, поживних речовин, які складаються з ланцюгів амінокислот, з'єднаних пептидним зв'язком. Критично важливий макронутрієнт для підтримання життєдіяльності та функціонування організму людини. Білки є основним будівельним матеріалом для клітин, тканин і органів організму. Вони грають ключову роль у формуванні та підтримці структури м'язів, кісток, шкіри, волосся та інших тканин. Включення в раціон достатньої кількості якісних джерел білка допомагає відновлювати та будувати м'язи, а також забезпечує відчуття ситості.

*Жири.* Жири — це клас макронутрієнтів, які необхідні для коректної роботи гормональної системи та використовуються при створенні нових клітин і сполук в організмі, а також слугують джерелом концентрованої енергії для організму. Жири входять в структуру клітинних мембран та беруть участь у будівництві тканин, включаючи мозок і нервову систему. Жирова тканина в організмі слугує амортизатором та захистом для внутрішніх органів. Хоча жири є цінним та необхідним макронутрієнтом, важливо вибирати здорові джерела жирів, такі як поліненасичені жирні кислоти і обмежувати споживання трансжирів та полінасичених жирів, які можуть впливати на здоров'я серця та кровоносної системи організму.

*Вуглеводи.* Вуглеводи – це клас макронутрієнтів, що є одним з основних груп харчових речовин, які забезпечують організм енергією. Вуглеводи поділяються на дві основні категорії: прості вуглеводи (цукри) та складні вуглеводи. Прості вуглеводи – це короткі ланцюги або одинарні молекули цукрів, які швидко піднімають рівень глюкози в крові, що зазвичай негативно впливає на здоров'я людини. Складні вуглеводи – це довгі ланцюги глюкози, які розкладаються повільно та поступово підвищують рівень глюкози в крові.

Основні функції вуглеводів в організмі включають:

- синтез енергії;
- підтримка метаболізму;
- накопичення та збереження енергії.

У раціоні повинно бути оптимальне співвідношення білків, жирів та вуглеводів. Наприклад, білки сприяють м'язовому росту та відновленню, жири важливі для здоров'я, а вуглеводи дають енергію. Баланс білків, жирів та вуглеводів, в харчуванні, важливий для забезпечення оптимального фізичного і психічного здоров'я. Цей баланс може варіюватися в залежності від індивідуальних потреб, фізичної активності, цілі тренувань та інших факторів.

Вітаміни. Вітаміни – це низькомолекулярні органічні речовини різноманітної хімічної структури, які являються біологічними каталізаторами хімічних реакцій, що проходять у живих клітинах. Вони необхідні для нормального обміну речовин і забезпечення повноцінної життєдіяльності всіх систем організму. Ці органічні речовини організм людини не може виробити в достатній кількості, тому вони повинні бути отримані з їжі. Існують дві основні групи вітамінів:

- жиророзчинні вітаміни (А, D, Е та К).
- водорозчинні вітаміни (С, В-комплекс, РР).

Для забезпечення достатньої кількості всіх необхідних вітамінів слід намагатись формувати раціон з різноманітних продуктів та уникати довгого знаходження на раціоні, що складається з одноманітної, повторюваної їжі.

Мінерали. Мінерали – це хімічні, неорганічні сполуки, які містяться в тканинах організму людини та відіграють важливу роль у різних фізіологічних функціях і процесах. Вони є необхідними для здоров'я і важливі для підтримки різних систем тіла, таких як кісткова, нервова, м'язова та інші. Мінерали умовно діляться на дві основні категорії: макроелементи і мікроелементи.

*Макроелементи*. Макроелементи – це мінерали, питома вага яких по відношенню до маси тіла перевищує 0,01%. Сюди можна віднести такі основні

мінерали, як кальцій (Ca), фосфор (P), сірку (S), магній (Mg), калій (K), натрій (Na) та хлор (Cl).

*Мікроелементи.* Мікроелементи – це мінерали, питома вага яких по відношенню до маси тіла припадає від 0,000001 % до 0,001 %. Сюди можна віднести такі основні мінерали, як залізо (Fe), цинк (Zn), селен (Se), Йод (I), Мідь (Cu), марганець (Mn), хром (Cr), фтор (F), молібден (Mo) та кобальт (Co).

Управління раціоном харчуванням у тренувальному процесі включає планування, належний баланс макро- та мікроелементів, дотримання раціону та гідратацію. Це допомагає покращити фізичні результати, збільшити витривалість та досягти спортивних цілей [10].

### **1.2.3 Складова “Відновлення”**

Складова «Відновлення» у тренувальному процесі є досить важливою, оскільки дозволяє організму відновити фізичні, психологічні та енергетичні резерви після тренувань і забезпечити готовність до наступних навантажень [11]. Це включає в себе відновлення м'язів, центральної нервової системи, гормонального балансу, а також психологічного стану людини. Розглянемо детальніше складову відновлення у тренувальному процесі, основні компоненти якої показано на рисунку 1.3.

Фізіологічне відновлення включає у себе наступне:

- м'язове відновлення, що дозволяє запобігти перенавантаженню та травмам;
- відновлення центральної нервової системи, що дозволяє поновити оптимальний рівень активності ЦНС;
- відновлення енергетичних резервів організму. Відновлення запасів енергії (глікоген, креатинфосфат та інші) є важливим аспектом для наступних тренувань та підтримання продуктивності.



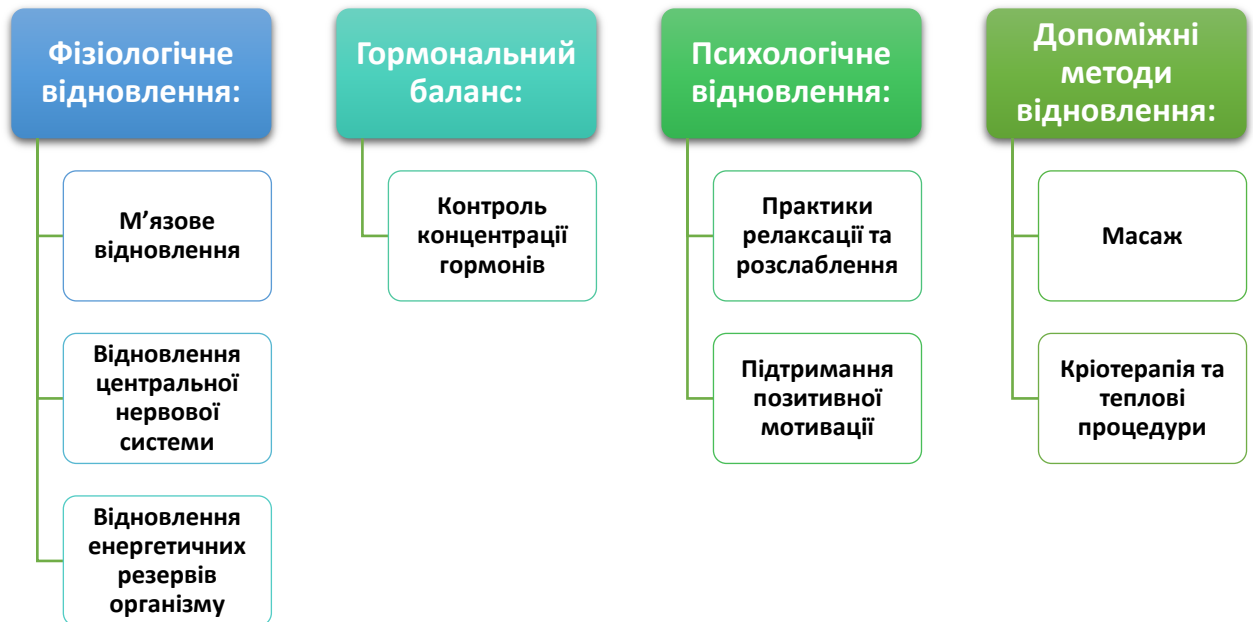


Рисунок 1.3 – Основні компоненти складової «Відновлення»

Постійний контроль гормонального балансу є важливим для забезпечення повноцінного відновлення організму. Фізичні навантаження можуть впливати на рівень гормонів, таких як кортизол та гормон росту. Достатній рівень відновлення дозволяє нормалізувати гормональний баланс в організмі людини.

Психологічне відновлення, після тренувань досі досить часто недооцінюється, або повністю ігнорується більшістю людей [12]. Спортсмени високого рівня, як ніхто інший, розуміють важливість даного аспекту відновлення. До психологічного відновлення можемо віднести:

- практики релаксації та розслаблення. Психологічна втома після тренувань може впливати на загальний психічний стан. Правильний відпочинок та релаксація допомагають відновити психологічну готовність до тренувань;
- підтримання позитивної мотивації. Важливо підтримувати позитивний настрій і мотивацію для досягнення спортивних та інших цілей.

До допоміжних методів відновлення можемо включити:

- масаж. Сприяє розслабленню м'язів, покращенню кровообігу та відновленню м'язового тону;

- кріотерапія та теплові процедури. Застосування холоду і тепла допомагає відновити тонус м'язів, зменшити запалення та больові відчуття.

Загалом, правильно організоване відновлення включає у себе комплексні заходи з фізіологічного, психологічного та харчового аспектів. Відновлення є невід'ємною частиною тренувального процесу, що дозволяє досягти оптимальних результатів та підтримувати стійкий прогрес у досягненні спортивних цілей.

### **1.3 Аналіз відомих методів та методологій для організації тренувального процесу**

Станом на сьогодні, у людей які тренуються, або тільки планують розпочати регулярно тренуватись, існує чотири найпоширеніших підходи [13] до організації власного тренувального процесу:

- інтуїтивний підхід. Базується на підборі вправ та розкладу тренувань емпіричним шляхом. Зазвичай не має системності та чітко визначеної цілі. Людина виконує вправи, які їй подобаються, тоді коли їй подобається.
- шаблонний підхід. Базується на виборі готових, вже кимось складених тренувальних програм. Вибір шаблону виконується за принципом найбільшого рівня кореляції готової програми з цілями людини.
- підхід з використанням програмних продуктів та застосунків для створення програм тренувань. Якісно відрізняється від двох попередніх підходів, оскільки при побудові подібних програм тренувань використовуються особисті дані та показники людей, для яких ця програма буде створюватись, що робить її більш індивідуально налаштованою.
- консультативний підхід. Базується на делегуванні роботи по складанню, контролю та корегуванню програми тренувань, профільним спеціалістам у галузі організації тренувального процесу, тобто тренерам і т.д.

Потрібно зауважити, що часто люди комбінують використання одразу декількох підходів одночасно, з метою мінімізувати їх недоліки та максимізувати переваги. Порівняємо і визначимо переваги та недоліки кожного із підходів.

Основні переваги та недоліки інтуїтивного підходу наведено у таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Основні переваги та недоліки інтуїтивного підходу

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> <li>– простий та зрозумілий у використанні;</li> <li>– не вимагає володіти знаннями у галузі організації тренувального процесу;</li> <li>– не потребує додаткових фінансових витрат;</li> <li>– на початковому етапі викликає більш позитивні враження та відданість тренуванням у людини.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– низька ефективність подібних програм;</li> <li>– може дати результат тільки людині без попереднього досвіду тренувань і залежить від генетичного потенціалу та індивідуальних здібностей;</li> <li>– може призвести до виникнення проблем зі здоров'ям та надмірного ризику отримати травму;</li> <li>– за час використання подібного підходу, людина може напрацювати деструктивні навички, які буде досить складно, скорегувати у подальшому.</li> </ul>

Визначимо основні переваги і недоліки шаблонного підходу та наведемо їх у таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – Основні переваги та недоліки шаблонного підходу

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> <li>– зрозумілий у використанні, оскільки потребує тільки безпосередньо виконання вже складеної програми тренувань;</li> <li>– доступність програм тренувань;</li> <li>– значний об'єм накопиченої інформації про результати використання різних готових програм тренувань;</li> <li>– широкий вибір місць та закладів для проведення тренувань;</li> <li>– готові програми тренувань, які створені компетентними експертами у галузі організації тренувального процесу є ефективними у більшості випадків, та задовольняють базові запити значної кількості людей.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– необхідність зважено підходити до вибору готового плану тренувань;</li> <li>– необхідність перевіряти актуальність програми тренувань по відношенню до сучасного стану речей в галузі організації тренувального процесу;</li> <li>– необхідність перевіряти авторство готових програм тренування;</li> <li>– готові програми тренувань складно підлаштувати та адаптувати до індивідуальних потреб людини;</li> <li>– відсутність індивідуального підходу до особливостей та антропометричних параметрів людини.</li> </ul>

Виділимо основні переваги і недоліки підходу з використанням програмних продуктів та застосунків для створення програм тренувань, після чого додамо їх у таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні переваги та недоліки підходу з використанням програмних продуктів та застосунків для створення програм тренувань

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> <li>– можливість створювати індивідуально орієнтовані тренувальні програми, підлаштовувати та корегувати їх відповідно до введених антропометричних параметрів людини;</li> <li>– зазвичай, програмні продукти та застосунки періодично оновлюються, що дозволяє приводити у відповідність і впроваджувати актуальні дослідження, методології та наукові відкриття в галузі організації тренувального процесу;</li> <li>– програмні продукти та застосунки дозволяють вести записи і збирати дані тренувань для подальшого аналізу та коригування програми тренувань;</li> <li>– програмні продукти та застосунки дають змогу інтегрувати гаджети спортивного і фітнес напрямлення, для збору більш точної та деталізованої інформації за результатами тренування;</li> <li>– більша доступність та надійність збереження інформації;</li> <li>– кращий рівень взаємодії з людиною, можливість оповіщення та інформування користувача програмного продукту, або застосунку;</li> <li>– більшість програмних продуктів і застосунків дають змогу вносити зміни та адаптувати програму тренувань в процесі її виконання.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– необхідність володіти пристроями та засобами для використання відповідних програмних продуктів та застосунків;</li> <li>– деякі якісні програмні продукти у сфері організації тренувального процесу, реалізуються на платній основі, або частина функцій є платною;</li> <li>– дизайн та реалізація деяких програмних продуктів є не зовсім вдалою, з точки зору інтуїтивності та зручності використання для користувача;</li> <li>– залежність від коректності, введених користувачем, необхідних даних, для роботи програмних продуктів та застосунків;</li> <li>– може не задовольнити потреби професійних спортсменів та атлетів.</li> </ul>

Виокремимо переваги і недоліки консультативного підходу при створенні програм тренувань та внесемо їх у таблицю 1.5

Таблиця 1.5 – Основні переваги та недоліки консультативного підходу

Переваги:	Недоліки:
<ul style="list-style-type: none"> <li>– висока точність та деталізованість створених програм тренування;</li> <li>– індивідуальний підхід, врахування особливостей фізіології та антропометричних даних людини;</li> <li>– можливість корегування та підлаштування програми тренувань в процесі її виконання;</li> <li>– вищий рівень мотивації та заохочення до виконання програми тренувань;</li> <li>– якісний та швидкий процес аналізу і створення рекомендацій по оптимізації тренувального процесу;</li> <li>– спрощення і делегування частини обов'язків та відповідальності за виконання програми тренувань;</li> <li>– зазвичай використовуються актуальні та найбільш ефективні сучасні методи організації тренувального процесу;</li> <li>– наявність значної практичної бази знань за результатами виконання різних програм, що спрощує пошук та надання необхідних рекомендацій.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– висока вартість та витрати;</li> <li>– необхідність підлаштовувати власний графік з графіком роботи обраного експерта;</li> <li>– необхідність пошуку профільного експерта;</li> <li>– залежність від географічного розташування експерта та людини;</li> <li>– залежність від суб'єктивного погляду експерта.</li> </ul>

Періодизація тренувального процесу є ключовою методологією призначеною для планування тренувального процесу, який передбачає поділ тренувального циклу на певні фази з різними завданнями та навантаженнями. Це дозволяє досягати максимального розвитку фізичних якостей, уникнути перенавантажень та підвищити результативність. Виділяють наступні цикли:

- макроцикли. Довгостроковий план (рік або більше), поділений на підготовчу, змагальну та відновлювальну фази;
- мезоцикли. Середньостроковий план (декілька тижнів до місяця), поділений на фази інтенсивності тренувань;
- мікроцикли. Короткостроковий план (одне-декілька тренувань), який визначає навантаження та вправи для кожного тренування.

Вищевказані методи, підходи та методології використовуються фахівцями у сфері фітнесу та спорту для оптимізації тренувального процесу, забезпечення досягнення спортивних цілей та забезпечення ефективності тренувань [14]. Це дозволяє покращити результативність спортсменів та сприяє їхньому успіху у вищих досягненнях.

#### 1.4 Висновок до розділу 1

У першому розділі було проведено аналіз сучасного стану розвитку методів та методологій організації тренувального процесу. Виділено основні підходи та принципи, які є ключовими в організації ефективного тренувального процесу. Це, у свою чергу, дозволило визначити основні складові тренувального процесу: тренування, раціон та відновлення. Організація тренувального процесу у фітнесі та спорті вимагає використання різноманітних підходів, принципів, методів і методологій, які дозволяють досягти оптимальних результатів у підготовці та розвитку фізичних якостей та навичок.

Встановлено, що індивідуалізація та персоніфікація тренувального процесу дозволяють максимально використовувати потенціал кожної людини та зробити тренування більш ефективними і приємними. Циклічність дозволяє досягти прогрес та уникнути перевтоми, оскільки вона передбачає чергування фаз з більшою інтенсивністю та фаз з меншою навантаженістю. З'ясовано, що принцип прогресивного навантаження є основою для досягнення і покращення результатів у спорті та фітнесі, а також допомагає уникнути стагнації, чи перевтоми. Також, встановлено, що використання різних видів навантажень дозволяє підтримувати різнобічний розвиток організму, запобігати перевтомі та покращувати фізичну форму.

Завдяки проведеному аналізу сучасного стану розвитку методів і методологій організації тренувального процесу вдалось систематизувати та накопичити достатньо інформації, необхідної для проектування нечіткої інтелектуальної системи.

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ НЕЧІТКОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

### 2.1 Архітектура нечіткої інтелектуальної системи

Апріорна невизначеність у проблемно-орієнтованих інформаційно-керуючих системах виникає через неточність вхідних даних, стохастичність зовнішніх факторів, відсутність адекватної математичної моделі функціонування, нечіткість мети, людський фактор. Це призводить до збільшення ризиків неефективного прийняття рішень у таких системах. Щоб збалансувати невизначеність у системах прийняття рішень, використовуються різні методи штучного інтелекту. Коли система не працює належним чином, для ефективного прийняття рішень використовуються методи на основі нечіткої логіки. Використовуючи нечіткі множини, ці методи описують стратегії прийняття рішень за допомогою лінгвістичних величин і виразів. Нечіткі множини проявляють себе найкращим чином у випадках, коли відсутня чітка математична модель при функціонуванні системи. Теорія нечітких множин [15] дозволяє використовувати суб'єктивні, експертні знання про область для прийняття рішень, без формалізації їх у традиційних математичних моделях. Це явище відоме як «нечіткі множини».

Проблема розв'язання суперечливих критеріїв прийняття рішень і створення логічних системних регуляторів вирішується за допомогою теорії нечітких множин. Використання нечітких множин дозволяє лінгвістично описувати складні процеси, встановлювати нечіткі залежності між поняттями, прогнозувати поведінку системи, формувати альтернативні дії.

Проектування інтерфейсу взаємодії між людиною та інформаційною системою полегшується завдяки використанню методів теорії нечітких множин [16]. Нечітке логічне виведення є основою для систем керування, подання знань, підтримки прийняття рішень, апроксимації, структурної і параметричної ідентифікації та оптимізації. Таким чином, нечітка логіка

використовується в побутовій електроніці, діагностиці та різноманітних експертних системах, а нечіткі експертні системи для підтримки прийняття рішень поширилися навіть у військовій справі, медицині та економіці.

З поширеністю систем штучного інтелекту, які включають нечітку логіку, побудова ефективних механізмів прийняття рішень є актуальною науковою та практичною проблемою.

Наведемо основні функціональні блоки, які є складовими системи нечіткого логічного виведення на рисунку 2.1.

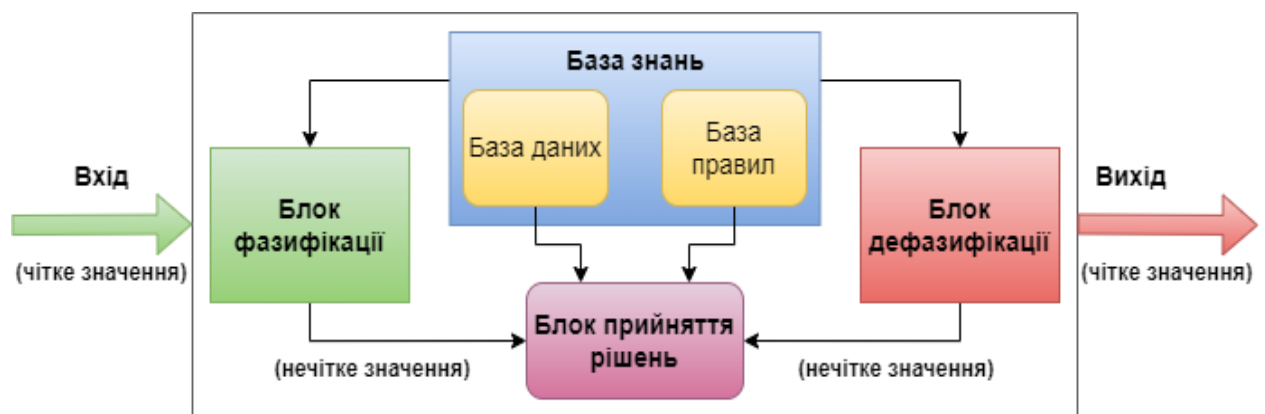


Рисунок 2.1 – Система нечіткого логічного виведення

Система нечіткого логічного виведення складається з таких основних структурних блоків, як:

- блок фазифікації перетворює чисельні вхідні значення в ступінь відповідності лінгвістичним змінним. Фазифікація визначає ступінь виконання антецедентів правил, тобто чіткому значенню ставляться у відповідність ступені його приналежності до нечітких множин;
- блок бази знань складається з бази правил та бази даних;
- база правил містить набір нечітких правил типу «якщо-то»;
- база даних містить визначені функції приналежності нечітких множин, що використовуються в нечітких правилах;
- блок прийняття рішень виконує операції виведення на основі існуючих правил;



- блок дефазифікації перетворює результати виведення в чисельні значення. Дефазифікація перетворює нечітку множину в чітке число за ступенем приналежності.

Можливо виділити три основні типи систем нечіткого логічного виведення:

- в першому типі дефазифікація виконується окремо для отримання вихідного значення, як середньозваженого результатів, отриманих під час виконання кожного правила. Щоб працювати таким чином, важливо, щоб вихідні функції належності залишалися монотонно-неспадаючими;
- для другого типу, вихідне нечітке значення – це результат об'єднання нечітких виходів кожного правила. Кожний нечіткий вихід зважено за допомогою ваг спрацювання правил. Чітке вихідне значення знаходиться в результаті дефазифікації об'єднаного нечіткого виходу;
- для третього типу, правила типу Сугено використовуються для побудови системи. Вихідне значення є лінійною комбінацією вхідних значень з додаванням деякого постійного значення, загальний вихід є середнім зваженим всіх правил.

## **2.2 Логіко-лінгвістична модель нечіткої інтелектуальної системи**

Опишемо логіко-лінгвістичну модель нечіткої інтелектуальної системи, на контрольному прикладі реалізації модуля оцінки поживної цінності білкових сумішей (протеїнів), при формуванні раціону харчування. Протеїни, як товар спортивного харчування, є найбільш вивченим та має значну доказову базу ефективності з-поміж низки інших [17].

Вживання протеїнів, як спортивного харчування, викликаний необхідністю поповнювати та доповнювати білкову складову раціону. Основним якісним показником для оцінки протеїнів (білкових сумішей) є

поживна цінність протеїну. Поживна цінність є комплексним показником, оскільки включає у себе наступні складові, що зазначені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні складові поживної цінності протеїну за пріоритетністю.

Пріоритетність складової	Складова	Найкраще значення
1	Кількість білка у суміші	Максимально можливе значення
2	Рівень очищення білка	Концентрат – допустимий рівень; Ізолят – хороший рівень; Гідролізат – найкращий рівень.
3	Енергетична цінність	Мінімально можливе значення
4	Кількість жирів у суміші	Мінімально можливе значення
5	Кількість вуглеводів у суміші	Мінімально можливе значення

Попри значний науковий прогрес, дослідження в галузі харчування та спортивної науки не можуть надати точних значень необхідної кількості білка для кожної людини, оскільки потрібно проводити подальші дослідження в цьому напрямку. Тому більшість організацій та дослідників зазвичай рекомендують кількість прийому білка в певному діапазоні, значення якого можуть варіюватись в залежності від багатьох факторів. Наведемо декілька причин, чому немає єдиних точних наукових даних щодо необхідної кількості білка:

- індивідуальність значень для кожної людини. Кількість білка, яка потрібна кожній людині, може варіюватись залежно від індивідуальних факторів, таких як вік, стать, рівень активності, фізичні характеристики, антропометричні дані та цілі;
- залежність від кількості інших нутрієнтів та складу раціону. На кількість білка, яка необхідна в раціоні, може вплинути, як загальна кількість

калорій, так і розподіл макро- та мікроелементів у раціоні, співвідношення білків до вуглеводів та жирів і т.д.;

- дефіцит наукових даних і складність організації та проведення досліджень;
- залежність від рівня фізичної активності, психологічного стану та відновлювальних здібностей організму. Наприклад, більш активні люди, особливо ті, які займаються інтенсивним фізичним тренуванням або спортом, можуть потребувати більшої кількості білка для підтримки м'язової маси та відновлення.

Враховуючи вищевказані причини організації, такі як ВООЗ і профільні дослідники, надають рекомендації щодо споживання білка у вигляді діапазону, а не конкретних точних значень. Це дає змогу враховувати індивідуальні особливості та цілі більшості людей. Для визначення більш точних значень використовують оцінки та опитування експертів в даній галузі. Експертні знання дозволяють дещо звужити діапазон рекомендованих значень та індивідуально скоригувати їх.

Розглянемо детальніше процес оцінки та визначення вхідних даних для нечіткої інтелектуальної системи вибору спортивного харчування на прикладі визначення експертами кількості білка у протеїні, яку вони вважають «достатньою». Підберемо експертів, які досліджували білкові суміші (протеїни), а особливо склад та основні компоненти таких сумішей. Перелік експертів та сформованих експертних груп наведено у таблиці 2.2.

Групам експертів необхідно було зазначити кількість білка у протеїні, яку вони вважають «достатньою» для такого виду товарів спортивного харчування. Для цього необхідно було заповнити таблицю, де надавались значення кількості білка у 100 г протеїну і завданням експерта було відмітити знаком «+» ту кількість білка, яку він вважає «достатньою» для такого виду товарів спортивного харчування, як протеїн. Результат опитування 10 експертних груп наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.2 – Перелік сформованих експертних груп, які досліджували білкові суміші (протеїни), склад та основні компоненти таких сумішей.

№	Експерти	Група
1	Brad Jon Schoenfeld, Alan Albert Aragon [18]	А
	- CUNY Lehman College, Department of Health Sciences, California State University.	
2	Daniel W.D. West, Sidney Abou Sawan, Michael Mazzulla, Eric Williamson, Daniel R. Moore [19]	В
	- Faculty of Kinesiology and Physical Education, University of Toronto; - Kinesiology and Physical Education University of Toronto.	
3	C. Sobral, D. Gomes, M. Silva, P. Martins, A. Baltazar [20]	С
	- Instituto Politécnico de Coimbra, Portugal.	
4	Naclerio F., Seijo M. [21]	D
	- University of Greenwich; - Texas Tech University Health Sciences Center; - Texas A&M University.	
5	Robert W. Davies, Joseph J. Bass, Brian P. Carson, Catherine Norton, Marta Kozior, Daniel J. Wilkinson, Matthew S. Brook, Philip J. Atherton, Ken Smith, Philip M. Jakeman [22]	E
	- Department of Physical Education & Sport Sciences, University of Limerick; - Food for Health Ireland (FHI), Centre for Interventions in Infection, Inflammation & Immunity, University of Limerick; - Medical Research Council (MRC) and Arthritis Research United Kingdom (ARUK) Centre for Musculoskeletal Aging Research and National Institute for Health Research, Nottingham Biomedical Research Centre, University of Nottingham; - Health Research Institute (HRI), University of Limerick.	
6	Luisa Pellegrino, Johannes A. Hogenboom, Veronica Rosi, Marta Sindaco, Stefano Gerna, Paolo D'Incecco [23]	F
	- Department of Food, Environmental and Nutritional Sciences (DeFENS), University of Milan.	
7	Luis Henrique A. Castro, Flávio Henrique S. de Araújo, Mi Ye M. Olimpio, Raquel B. de B. Primo, Thiago T. Pereira, Luiz Augusto F. Lopes, Erasmo B. S. de M. Trindade, Ricardo Fernandes, Silvia A. Oesterreich [24]	G
	- Faculty of Health Sciences, Federal University of Grande Dourados/ Universitary Hospital of Federal University of Grande Dourados.	
8	Sanghee Park, David D. Church, Gohar Azhar, Scott E. Schutzler, Arny A. Ferrando, Robert R. Wolfe [25]	H
	- Department of Geriatrics, Donald W. Reynolds Institute on Aging, Center for Translational Research in Aging & Longevity, University of Arkansas for Medical Sciences; - Department of Geriatrics, Donald W. Reynolds Institute on Aging, University of Arkansas for Medical Sciences.	
9	muscleandstrength.com [26]	I
	Один найавторитетніших онлайн ресурсів в сфері фітнесу, організації тренувального процесу та здорового харчування	
10	bodybuilding.com [27]	J
	Один з найбільших онлайн магазинів спортивного харчування та авторитетний онлайн ресурс у сфері фітнесу та здорового харчування	

Таблиця 2.3 – Результати опитування експертних груп.

Експертна група Кількість білка у суміші, г	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Відсоток експертів, %
67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
70	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
71	+	-	-	-	-	+	-	+	-	-	30
72	+	-	-	+	-	+	+	+	-	-	50
73	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	80
74	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	90
75	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	100
76	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	90
77	+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	80
78	-	+	-	+	+	-	+	-	+	+	60
79	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	40
80	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	20
81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

На основі відповідей експертних груп, побудуємо графік, який зображено на рисунку 2.2, в якому відобразимо відсоток експертів, що обрали кожен з наданих, у таблиці для опитування, варіантів кількості білка, яку він вважає «достатньою» для такого виду товарів спортивного харчування, як протеїн.

Необхідно зауважити, що значення даного графіку найбільше відповідають функції належності Pi-shaped [28] (pimf у MATLAB). Така функція обчислює нечіткі значення функції належності та визначає, як кожна точка у просторі вхідних даних зіставлена зі ступенем належності від 0 до 1. Враховуючи, що результати опитування груп експертів на інші запитання подібні до тих, що наведені у прикладі – можливо зробити висновок про доцільність використання функції належності Pi-shaped (pimf у MATLAB) при розробці нечіткої інтелектуальної системи вибору спортивного харчування.

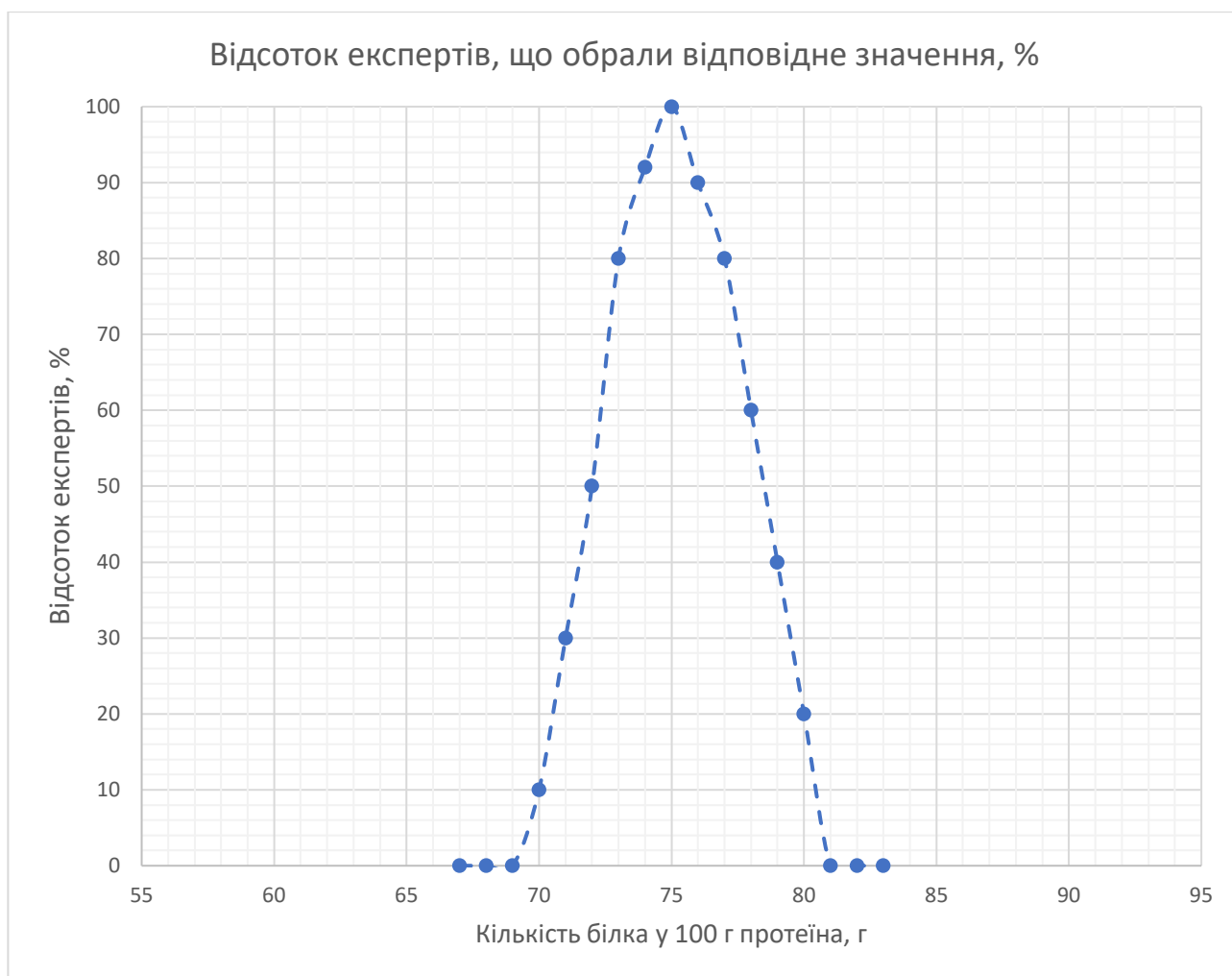


Рисунок 2.2 – Розподіл значень, які обрали експертні групи.

Після здобуття достатньої кількості знань про спортивне харчування, складові поживної цінності протеїну та критерії вибору найбільш рекомендованого товару для покупки, необхідно провести структуризацію знань. Даний етап дозволяє спростити подальшу розробку інтелектуальної системи завдяки ієрархічній системі знань, що описує перелік основних об'єктів системи та їх взаємозалежності. Загалом, процес вибору спортивного харчування складається з двох основних етапів:

- визначення поживної цінності товару з урахуванням його поживних складових та методу виробництва;
- визначення купівельної спроможності користувача враховуючи його бюджет та ціну товару.

Для такого виду спортивного харчування як білок, можна виділити наступний перелік лінгвістичних змінних та область їх значень:

- кількість білка у 100 г протеїну [0;100];
- рівень очистки протеїну [0;100];
- енергетична цінність протеїну [0;1000];
- кількість жирів у 100 г протеїну [0;100];
- кількість вуглеводів у 100 г протеїну [0;100];
- відсоток використання бюджету [0;400];
- вплив кількості білка та рівня очистки [0;100];
- вплив енергетичної цінності [0;100];
- вплив кількості жирів [0;100];
- вплив кількості вуглеводів [0;100];
- рекомендована білкова суміш для покупки [0;100].

Для зазначених лінгвістичних змінних визначено терми та побудовано функції належності.

Фактор  $y_1$  – «Кількість білка у 100 г протеїну (Amount of protein - AP)» визначено на універсальній множині  $U(y_1) = [0; 100]$  грам. Терми  $T(y_1) = \langle \text{недостатня (ILP)}; \text{низька (LLP)}; \text{прийнятна (ALP)}; \text{достатня (SLP)}; \text{висока (HLP)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- недостатня (ILP) =  $\{ \langle 1/0 \rangle; \langle 1/50 \rangle; \langle 0,5/53,5 \rangle; \langle 0/57 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- низька (LLP) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/52 \rangle; \langle 0,5/55,5 \rangle; \langle 1/59 \rangle; \langle 0,5/62,5 \rangle; \langle 0/66 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- прийнятна (ALP) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/62 \rangle; \langle 0,5/65 \rangle; \langle 1/68 \rangle; \langle 0,5/71 \rangle; \langle 0/74 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- достатня (SLP) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/70 \rangle; \langle 0,5/72,5 \rangle; \langle 1/75 \rangle; \langle 0,5/77,5 \rangle; \langle 0/80 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- висока (HLP) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/76 \rangle; \langle 0,5/78 \rangle; \langle 1/80 \rangle; \langle 1/100 \rangle \}$ .

На рисунку 2.3 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.

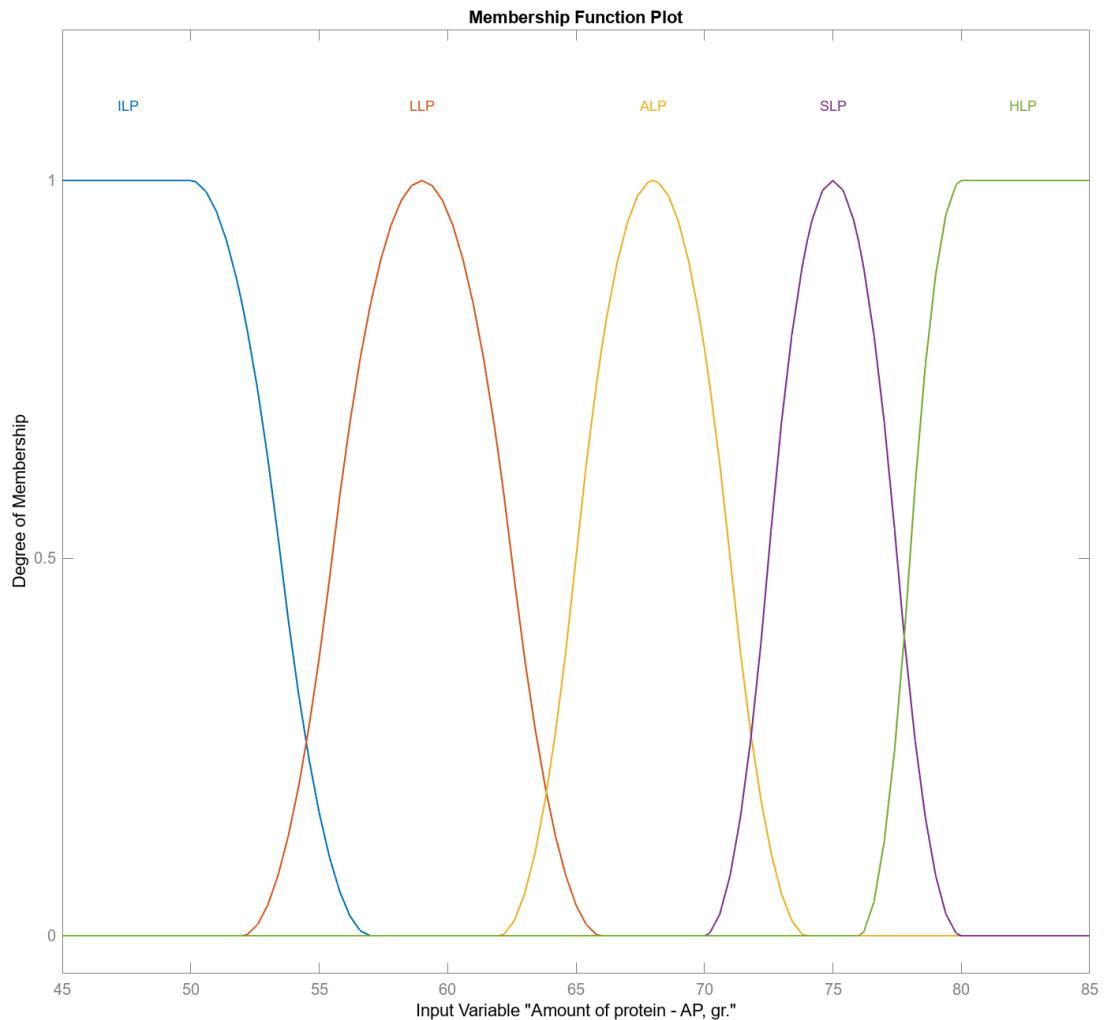


Рисунок 2.3 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної «Кількість білка у 100 г протеїну»

Фактор  $y_2$  – «Рівень очистки протеїну (Protein purification level - PPL)» визначено на універсальній множині  $U(y_2) = [0; 100]\%$ . Терми  $T(y_2) = \langle \text{недостатній (ILPP)}; \text{концентрат (WPC)}; \text{ізолят (WPI)}; \text{гідролізат (WPH)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- недостатній (ILPP) =  $\{ \langle 1/0 \rangle; \langle 1/40 \rangle; \langle 0,5/48,5 \rangle; \langle 0/57 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- концентрат (WPC) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/50 \rangle; \langle 0,5/55 \rangle; \langle 1/60 \rangle; \langle 0,5/65 \rangle; \langle 0/70 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- ізолят (WPI) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/63 \rangle; \langle 0,5/69 \rangle; \langle 1/75 \rangle; \langle 0,5/81 \rangle; \langle 0/87 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- гідролізат (WPH) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/78 \rangle; \langle 0,5/84 \rangle; \langle 1/90 \rangle; \langle 1/100 \rangle \}$ .

На рисунку 2.4 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.



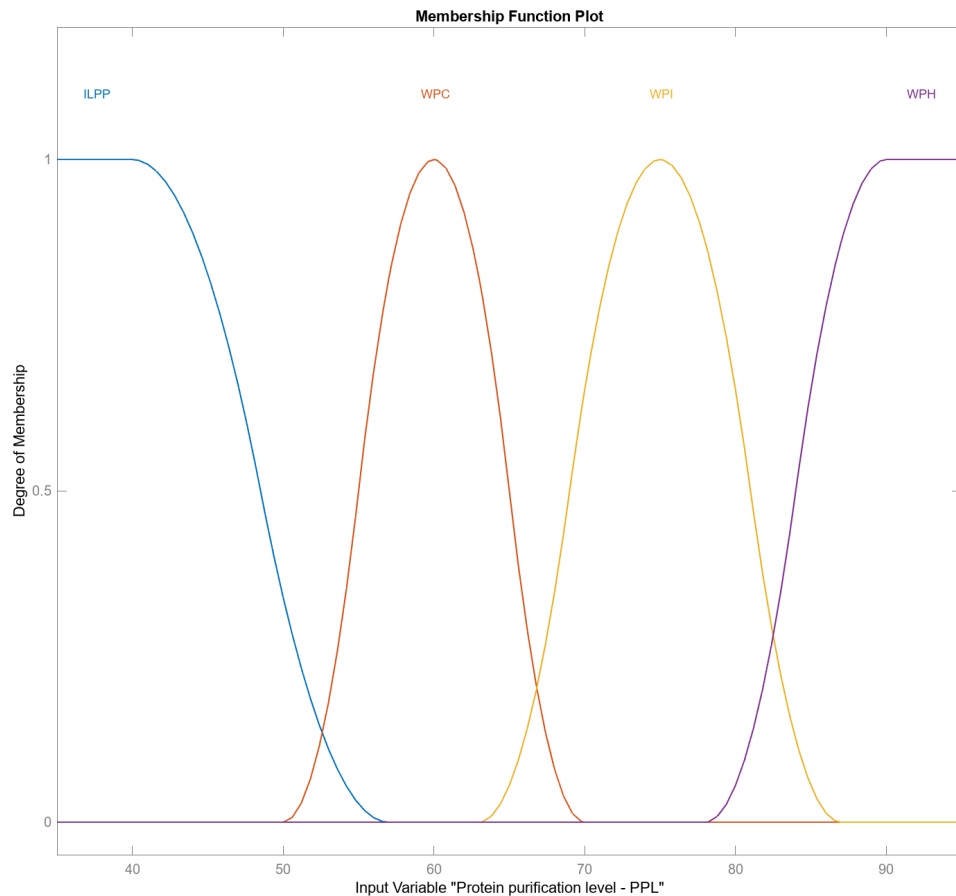


Рисунок 2.4 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної «Рівень очистки протеїну»

Фактор  $u_3$  – «Вплив кількості білка та рівня очистки (Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL)» визначено на універсальній множині  $U(u_3) = [0; 100]\%$ . Терми  $T(u_3) = \langle \text{недостатній (INV); низький (LNV); прийнятний (ANV); достатній (SNV); високий (HNV)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- недостатній (INV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 1/10 \rangle; \langle 0,5/17,5 \rangle; \langle 0/25 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- низький (LNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/15 \rangle; \langle 0,5/22,5 \rangle; \langle 1/30 \rangle; \langle 0,5/37,5 \rangle; \langle 0/45 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- прийнятний (ANV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/35 \rangle; \langle 0,5/42,5 \rangle; \langle 1/50 \rangle; \langle 0,5/57,5 \rangle; \langle 0/65 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- достатній (SNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/55 \rangle; \langle 0,5/62,5 \rangle; \langle 1/70 \rangle; \langle 0,5/77,5 \rangle; \langle 0/85 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- високий (HNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/75 \rangle; \langle 0,5/82,5 \rangle; \langle 1/90 \rangle; \langle 1/100 \rangle \}$ .

На рисунку 2.5 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.

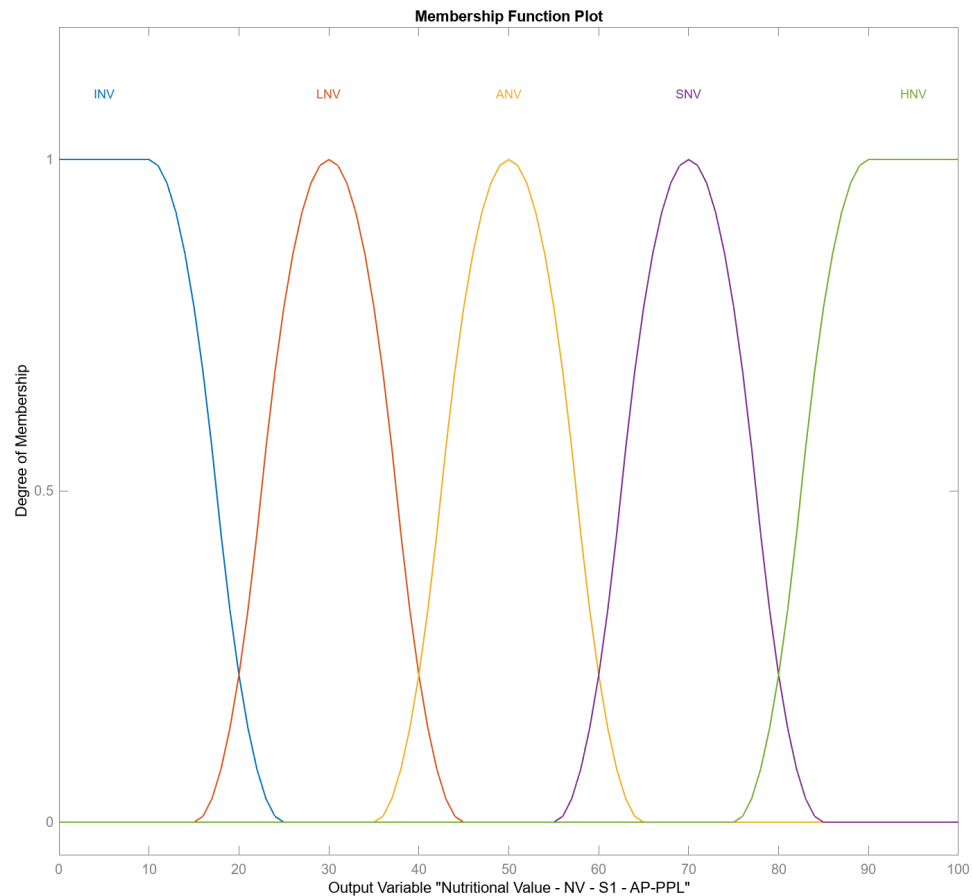


Рисунок 2.5 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної «Вплив кількості білка та рівня очистки»

Фактор  $y_4$  – «Енергетична цінність протеїну (Energy value - EV)» визначено на універсальній множині  $U(y_4) = [0; 1000]$  ккал. Терми  $T(y_4) = \langle \text{низька (LLEV)}; \text{достатня (SLEV)}; \text{прийнятна (ALEV)}; \text{висока (HLEV)}; \text{зависока (EHLEV)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- низька (LLEV) =  $\{ \langle 1/0 \rangle; \langle 1/360 \rangle; \langle 0,5/365 \rangle; \langle 0/370 \rangle; \langle 0/1000 \rangle \}$ ;
- достатня (SLEV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/360 \rangle; \langle 0,5/367,5 \rangle; \langle 1/375 \rangle; \langle 0,5/382,5 \rangle; \langle 0/390 \rangle; \langle 0/1000 \rangle \}$ ;
- прийнятна (ALEV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/380 \rangle; \langle 0,5/387,5 \rangle; \langle 1/395 \rangle; \langle 0,5/402,5 \rangle; \langle 0/410 \rangle; \langle 0/1000 \rangle \}$ ;
- висока (HLEV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/400 \rangle; \langle 0,5/407,5 \rangle; \langle 1/415 \rangle; \langle 0,5/422,5 \rangle; \langle 0/430 \rangle; \langle 0/1000 \rangle \}$ ;
- зависока (EHLEV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/420 \rangle; \langle 0,5/425 \rangle; \langle 1/430 \rangle; \langle 1/1000 \rangle \}$ .

На рисунку 2.6 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.

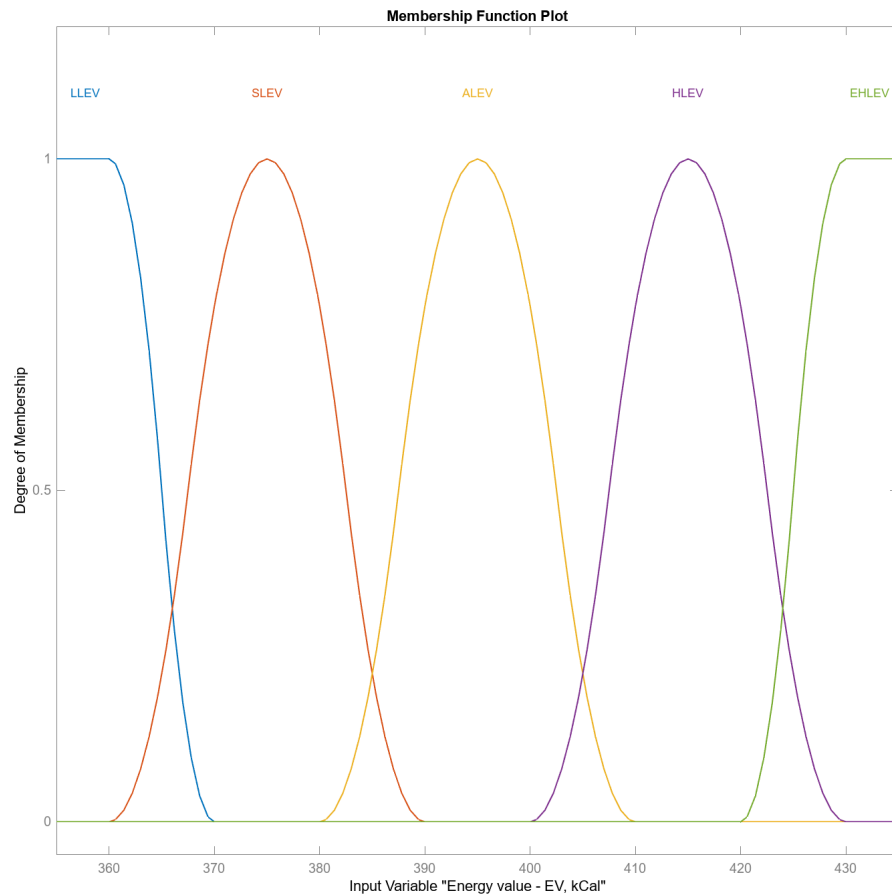


Рисунок 2.6 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної  
«Енергетична цінність протеїну»

Фактор  $y_5$  – «Вплив енергетичної цінності (Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV)» визначено на універсальній множині  $U(y_5) = [0; 100]\%$ . Терми  $T(y_5) = \langle \text{недостатній (INV); низький (LNV); прийнятний (ANV); достатній (SNV); високий (HNV)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- недостатній (INV) =  $\{ \langle 1/0 \rangle; \langle 1/10 \rangle; \langle 0,5/17,5 \rangle; \langle 0/25 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- низький (LNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/15 \rangle; \langle 0,5/22,5 \rangle; \langle 1/30 \rangle; \langle 0,5/37,5 \rangle; \langle 0/45 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- прийнятний (ANV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/35 \rangle; \langle 0,5/42,5 \rangle; \langle 1/50 \rangle; \langle 0,5/57,5 \rangle; \langle 0/65 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- достатній (SNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/55 \rangle; \langle 0,5/62,5 \rangle; \langle 1/70 \rangle; \langle 0,5/77,5 \rangle; \langle 0/85 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- високий (HNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/75 \rangle; \langle 0,5/82,5 \rangle; \langle 1/90 \rangle; \langle 1/100 \rangle \}$ .

На рисунку 2.7 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.

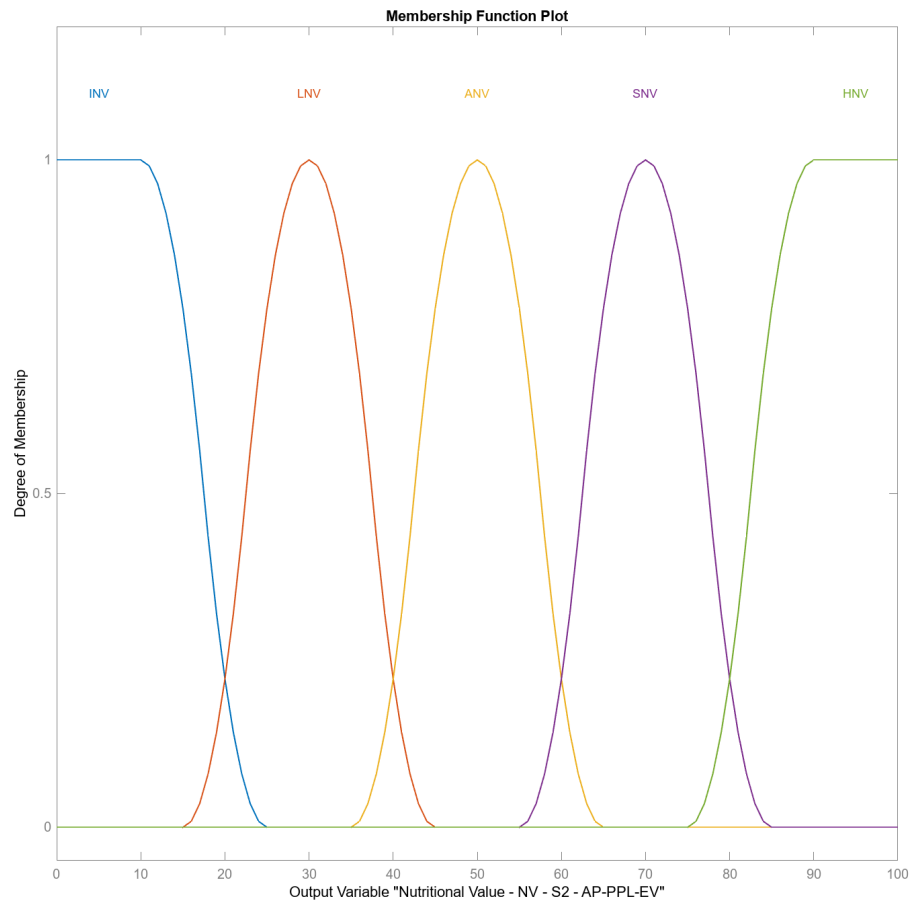


Рисунок 2.7 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної «Вплив кількості білка та рівня очистки»

Фактор  $u_6$  – «Кількість жирів у 100 г протеїну (Amount of fat - AF)» визначено на універсальній множині  $U(u_6) = [0; 100]$  г Терми  $T(u_6) = \langle \text{низька (LLF)}; \text{достатня (SLF)}; \text{прийнятна (ALF)}; \text{висока (HLF)}; \text{зависока (EHLF)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- низька (LLF) =  $\{ \langle 1/0 \rangle; \langle 1/3 \rangle; \langle 0,5/3,5 \rangle; \langle 0/4 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- достатня (SLF) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/3,2 \rangle; \langle 0,5/3,9 \rangle; \langle 1/4,6 \rangle; \langle 0,5/5,2 \rangle; \langle 0/6 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- прийнятна (ALF) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/4,5 \rangle; \langle 0,5/5,5 \rangle; \langle 1/6,5 \rangle; \langle 0,5/7,5 \rangle; \langle 0/8,5 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- висока (HLF) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/7 \rangle; \langle 0,5/8,5 \rangle; \langle 1/10 \rangle; \langle 0,5/11,5 \rangle; \langle 0/13 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- зависока (EHLF) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/11 \rangle; \langle 0,5/12 \rangle; \langle 1/13 \rangle; \langle 1/100 \rangle \}$ .

На рисунку 2.8 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.

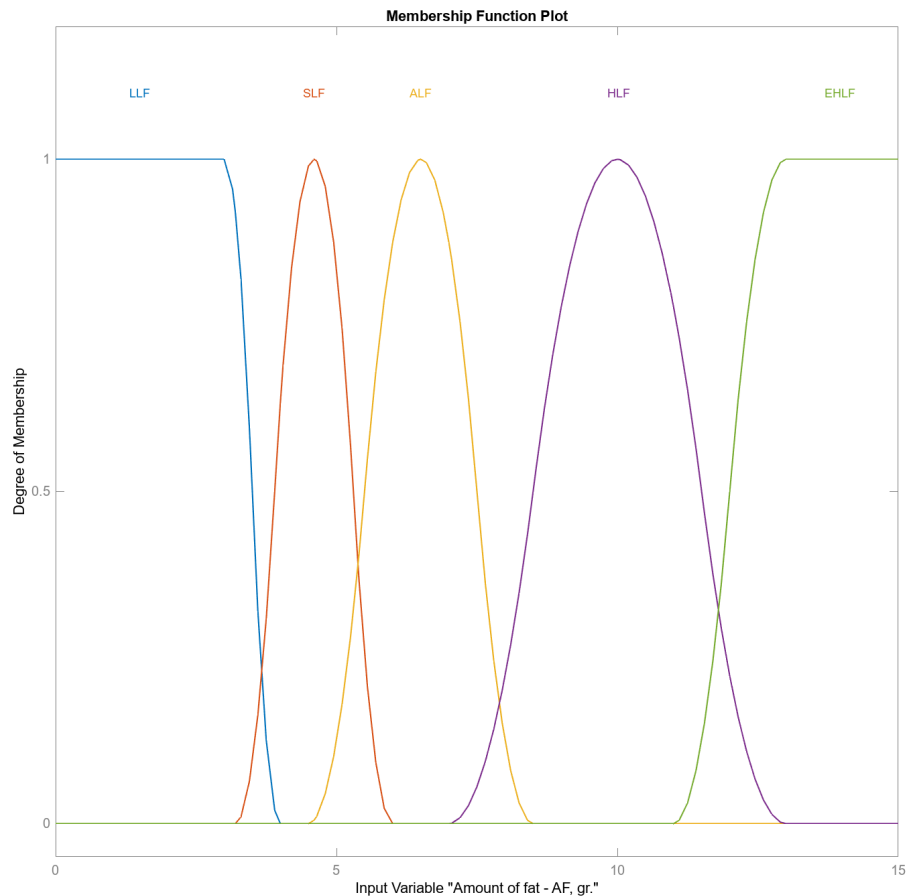


Рисунок 2.8 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної «Кількість жирів у 100 г протеїну»

Фактор  $y_7$  – «Вплив кількості жирів (ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF)» визначено на універсальній множині  $U(y_7) = [0;100]\%$ . Терми  $T(y_7) = \langle \text{недостатній (INV); низький (LNV); прийнятний (ANV); достатній (SNV); високий (HNV)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- недостатній (INV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 1/10 \rangle; \langle 0,5/17,5 \rangle; \langle 0/25 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- низький (LNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/15 \rangle; \langle 0,5/22,5 \rangle; \langle 1/30 \rangle; \langle 0,5/37,5 \rangle; \langle 0/45 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- прийнятний (ANV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/35 \rangle; \langle 0,5/42,5 \rangle; \langle 1/50 \rangle; \langle 0,5/57,5 \rangle; \langle 0/65 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- достатній (SNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/55 \rangle; \langle 0,5/62,5 \rangle; \langle 1/70 \rangle; \langle 0,5/77,5 \rangle; \langle 0/85 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- високий (HNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/75 \rangle; \langle 0,5/82,5 \rangle; \langle 1/90 \rangle; \langle 1/100 \rangle \}$ .

На рисунку 2.9 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.

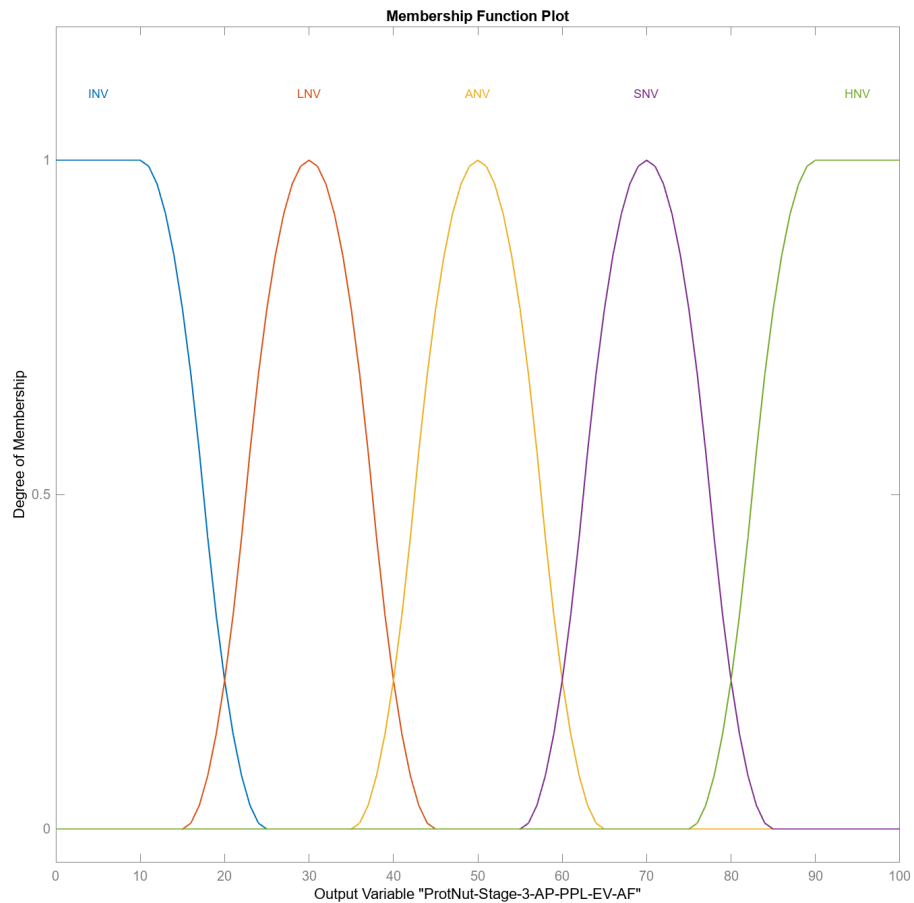


Рисунок 2.9 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної «Вплив кількості жирів»

Фактор  $y_8$  – «Кількість вуглеводів у 100 г протеїну (Amount of carbohydrates - AC)» визначено на універсальній множині  $U(y_8) = [0; 100]$  г Терми  $T(y_8) = \langle \text{низька (LLC); достатня (SLC); прийнятна (ALC); висока (HLC); зависока (EHLC)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- низька (LLC) =  $\{ \langle 1/0 \rangle; \langle 1/3 \rangle; \langle 0,5/4,25 \rangle; \langle 0/5,5 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- достатня (SLC) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/3,5 \rangle; \langle 0,5/4,75 \rangle; \langle 1/6 \rangle; \langle 0,5/7,25 \rangle; \langle 0/8,5 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- прийнятна (ALC) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/7 \rangle; \langle 0,5/8 \rangle; \langle 1/9 \rangle; \langle 0,5/10 \rangle; \langle 0/11 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- висока (HLC) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/10 \rangle; \langle 0,5/11 \rangle; \langle 1/12 \rangle; \langle 0,5/13 \rangle; \langle 0/14 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- зависока (EHLC) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/12,5 \rangle; \langle 0,5/13,25 \rangle; \langle 1/15 \rangle; \langle 1/100 \rangle \}$ .

На рисунку 2.10 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.

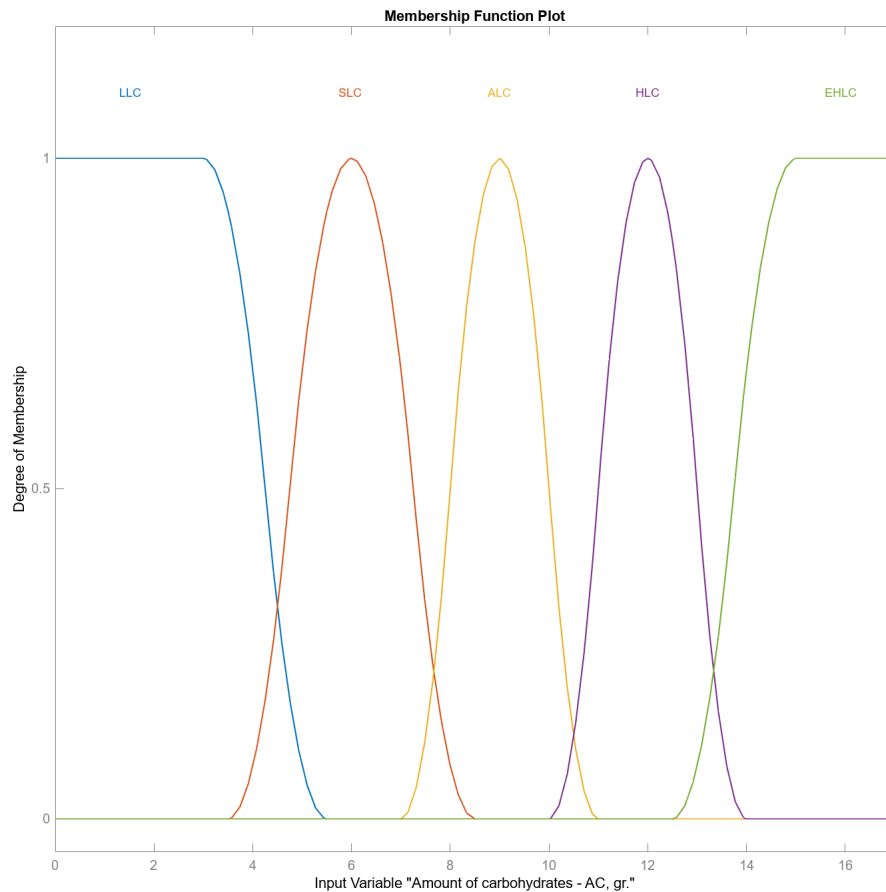


Рисунок 2.10 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної «Кількість вуглеводів у 100 г протеїну»

Фактор  $y_9$  – «Вплив кількості вуглеводів (ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC)» визначено на універсальній множині  $U(y_9) = [0;100]\%$ . Терми  $T(y_9) = \langle \text{недостатній (INV)}; \text{низький (LNV)}; \text{прийнятний (ANV)}; \text{достатній (SNV)}; \text{високий (HNV)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- недостатній (INV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 1/10 \rangle; \langle 0,5/17,5 \rangle; \langle 0/25 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- низький (LNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/15 \rangle; \langle 0,5/22,5 \rangle; \langle 1/30 \rangle; \langle 0,5/37,5 \rangle; \langle 0/45 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- прийнятний (ANV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/35 \rangle; \langle 0,5/42,5 \rangle; \langle 1/50 \rangle; \langle 0,5/57,5 \rangle; \langle 0/65 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- достатній (SNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/55 \rangle; \langle 0,5/62,5 \rangle; \langle 1/70 \rangle; \langle 0,5/77,5 \rangle; \langle 0/85 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- високий (HNV) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/75 \rangle; \langle 0,5/82,5 \rangle; \langle 1/90 \rangle; \langle 1/100 \rangle \}$ .

На рисунку 2.11 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.

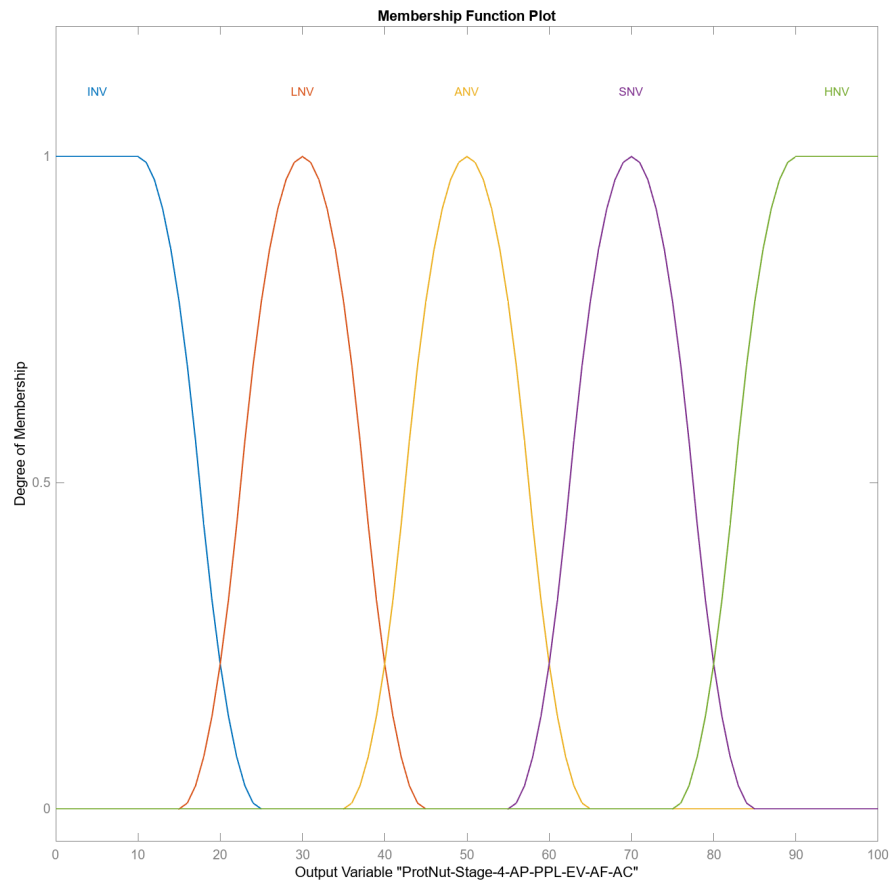


Рисунок 2.11 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної «Вплив кількості вуглеводів»

Фактор  $y_{10}$  – «Відсоток використання бюджету» (Price Delta, PD) визначено на універсальній множині  $U(y_{10}) = [0; 400]\%$ . Терми  $T(y_{10}) = \langle \text{дуже низький (VCP); низький (CP); прийнятний (AC); дорогий (EX); дуже дорогий (VEX)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- дуже низький (VCP) =  $\{ \langle 1/0 \rangle; \langle 1/66 \rangle; \langle 0,5/72 \rangle; \langle 0/78 \rangle; \langle 0/400 \rangle \}$ ;
- низький (CP) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/71 \rangle; \langle 0,5/77 \rangle; \langle 1/83 \rangle; \langle 0,5/89 \rangle; \langle 0/95 \rangle; \langle 0/400 \rangle \}$ ;
- прийнятний (AC) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/88 \rangle; \langle 0,5/94 \rangle; \langle 1/100 \rangle; \langle 0,5/106 \rangle; \langle 0/112 \rangle; \langle 0/400 \rangle \}$ ;
- дорогий (EX) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/104 \rangle; \langle 0,5/110 \rangle; \langle 1/116 \rangle; \langle 0,5/122 \rangle; \langle 0/128 \rangle; \langle 0/400 \rangle \}$ ;
- дуже дорогий (VEX) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/123 \rangle; \langle 0,5/129 \rangle; \langle 1/135 \rangle; \langle 1/400 \rangle \}$ .

На рисунку 2.12 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.



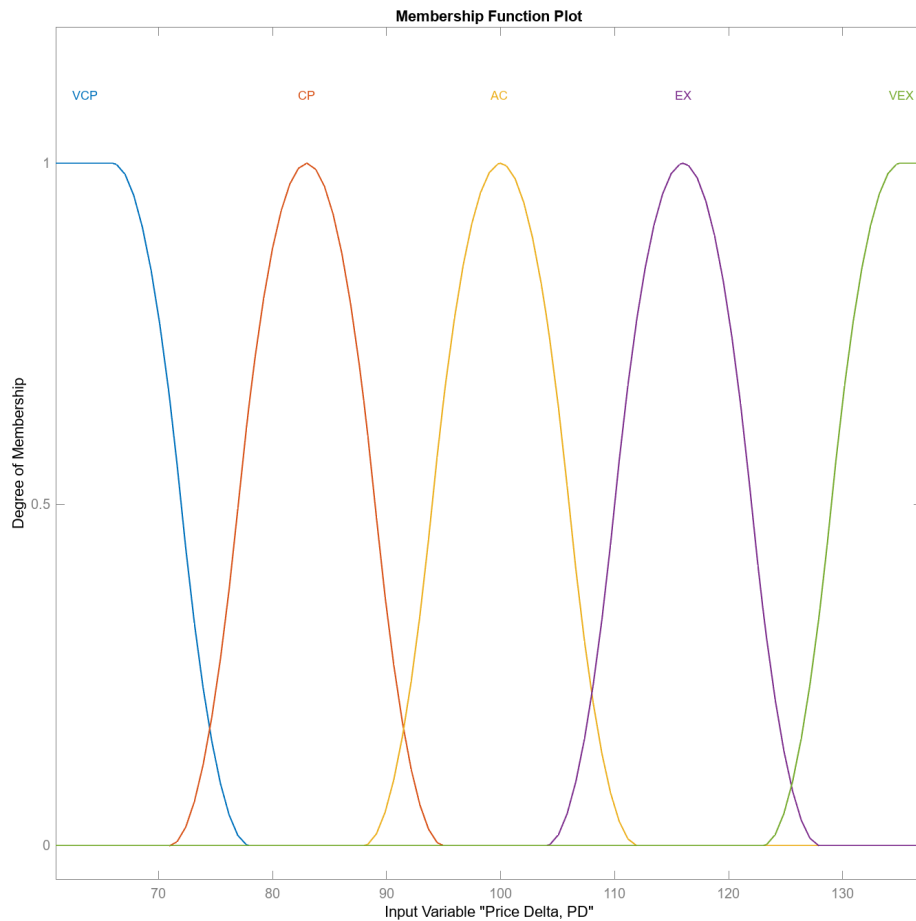


Рисунок 2.12 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної «Відсоток використання бюджету»

Фактор  $y_{11}$  – «Рекомендована білкова суміш для покупки (Determination of the optimal protein powder for purchase)» визначено на універсальній множині  $U(y_{11}) = [0;100]\%$ . Терми  $T(y_{11}) = \langle \text{не розглядати (NCP)}; \text{не рекомендовано (NRP)}; \text{рекомендовано (RP)}; \text{вигідна покупка (PP)}; \text{дуже вигідна покупка (VPP)} \rangle$  можна формалізувати у вигляді нечітких множин:

- не розглядати (NCP) =  $\{ \langle 1/0 \rangle; \langle 1/10 \rangle; \langle 0,5/17,5 \rangle; \langle 0/25 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- не рекомендовано (NRP) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/15 \rangle; \langle 0,5/22,5 \rangle; \langle 1/30 \rangle; \langle 0,5/37,5 \rangle; \langle 0/45 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- рекомендовано (RP) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/35 \rangle; \langle 0,5/42,5 \rangle; \langle 1/50 \rangle; \langle 0,5/57,5 \rangle; \langle 0/65 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;
- вигідна покупка (PP) =  $\{ \langle 0/0 \rangle; \langle 0/55 \rangle; \langle 0,5/62,5 \rangle; \langle 1/70 \rangle; \langle 0,5/77,5 \rangle; \langle 0/85 \rangle; \langle 0/100 \rangle \}$ ;

- дуже вигідна покупка (VPP) = {<0/0>; <0/75>; <0,5/82,5>; <1/90>; <1/100>}.

На рисунку 2.13 зображено функції належності даної лінгвістичної змінної.

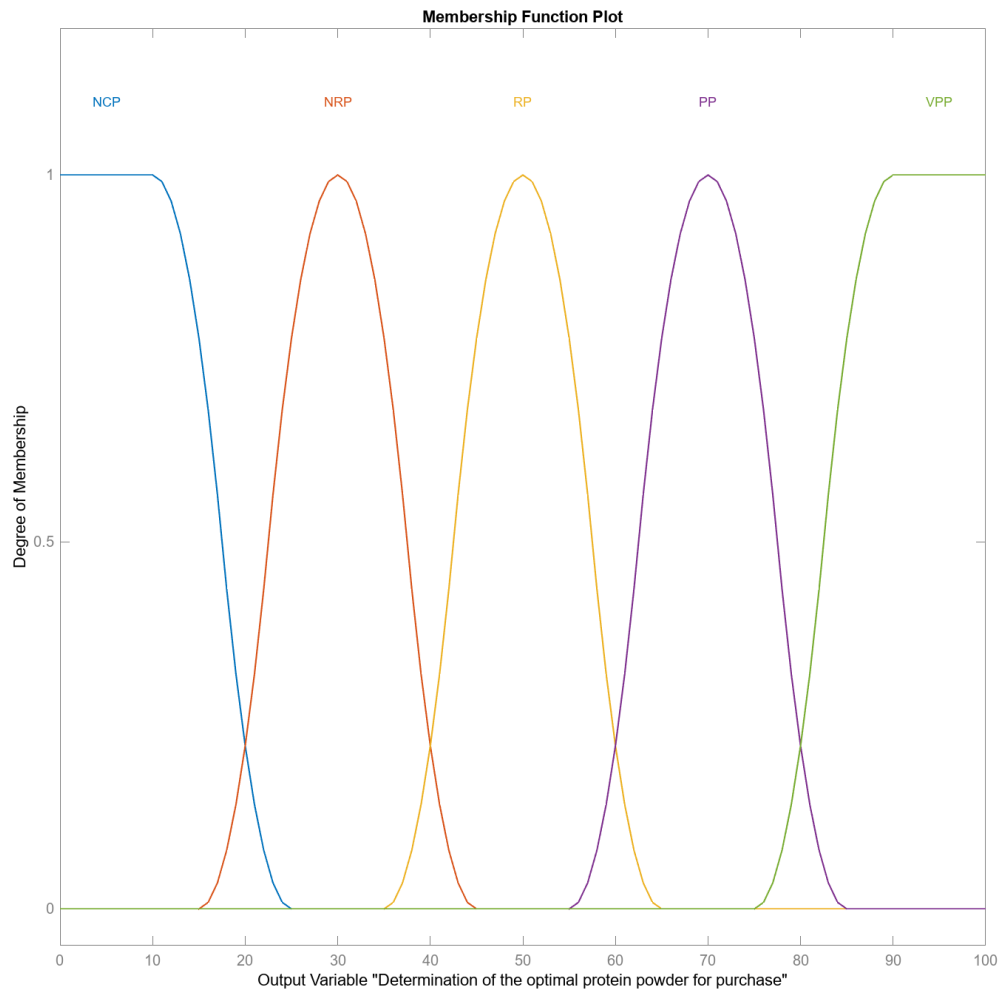


Рисунок 2.13 – Графік функцій належності лінгвістичної змінної  
«Рекомендована білкова суміш для покупки»

### 2.3 Структура вхідних та вихідних факторів системи нечіткого логічного виведення

Ієрархічну структуру вхідних факторів вибору протеїну наведено на рисунку 2.14. Вхідні фактори утвореної структури мають певні відношення між собою та описуються вищевказаними лінгвістичними змінними. Вхідні фактори «Ціна товару» та «Бюджет користувача» впливають на проміжний фактор

«Відсоток використання бюджету», який дозволяє оцінити, наскільки дорогий товар по відношенню до бюджету користувача. Система знаходить протеїни, що відповідають бюджету, який встановив користувач, далі формує з них вибірку базуючись на максимальній поживній цінності. Потім до сформованої вибірки додаються альтернативні варіанти покупки. Вони визначаються шляхом того, що система на певний відсоток збільшує початковий бюджет користувача і формує альтернативну вибірку дорожчих протеїнів, з якої визначає найкращий варіант за співвідношенням ціни та поживної цінності, згідно правил нечіткої бази знань інтелектуальної системи. Далі вищеописана послідовність дій виконується за умови зменшення початкового бюджету користувача на певний відсоток, результатом чого, буде визначено найкращий варіант з дешевших по ціні протеїнів. Внаслідок цього, система додасть до першочергово створеної вибірки рекомендованих протеїнів два альтернативних, близьких за ціною варіанта.

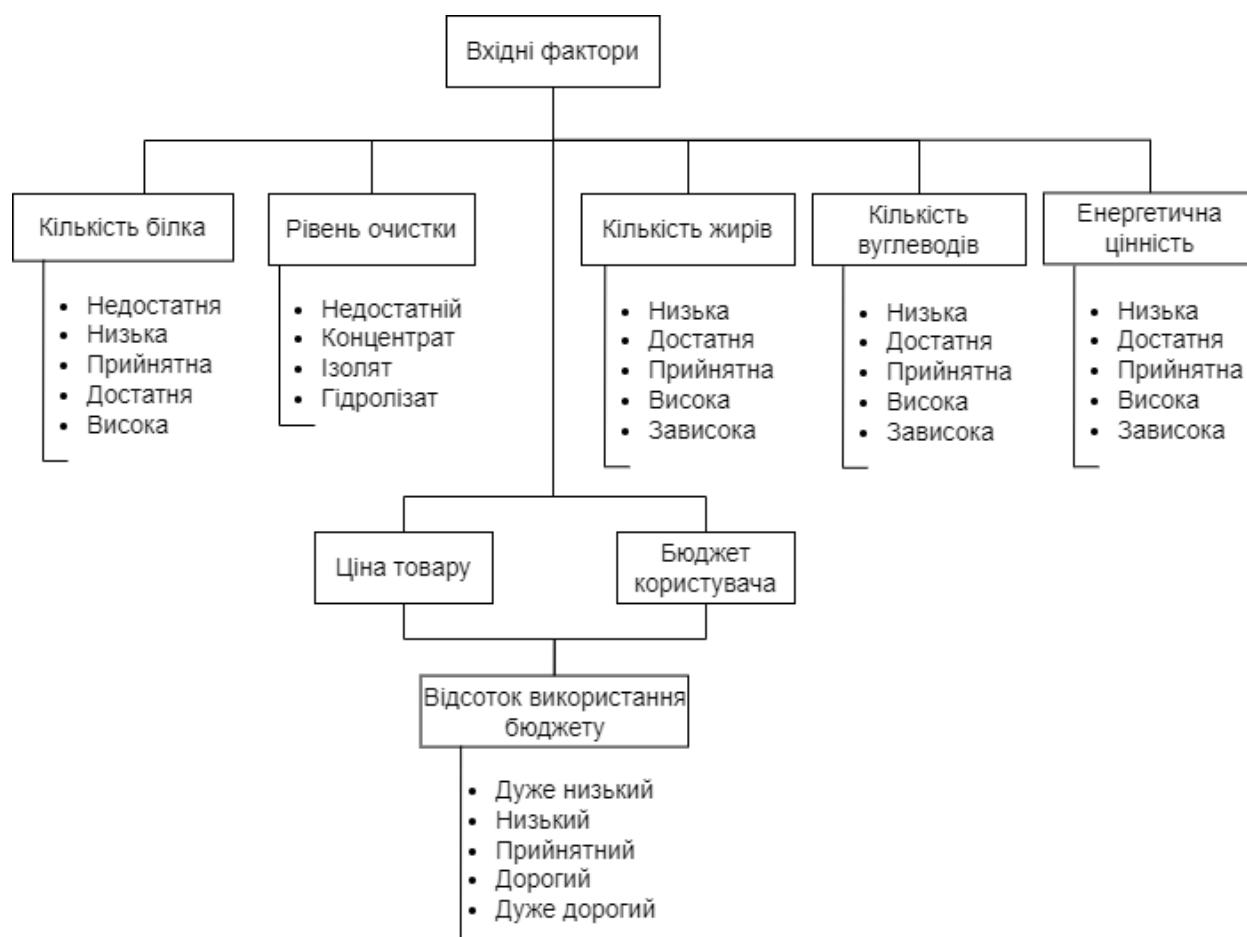


Рисунок 2.14 – Структура вхідних факторів

Вихідні фактори утворюють структуру зображену на рисунку 2.15. Складові поживної цінності [18] оцінюються за впливом на загальну поживну цінність протеїну, а проміжний фактор «Відсоток використання бюджету» дозволяє оцінити купівельну спроможність користувача. На основі купівельної спроможності та поживної цінності виводиться остаточна рекомендація щодо покупки протеїну.



Рисунок 2.15 – Структура вихідних факторів

## 2.4 Висновок до розділу 2

У другому розділі була розглянута нечітка інтелектуальна система для підтримки проведення тренувального процесу, яка дозволяє визначити загальну поживну цінність товарів та продуктів у раціоні, зокрема білкових сумішей (протеїнів), засобами нечіткого логічного виведення та оцінити вигідність покупки обраного товару, або продукту, враховуючи його загальну поживну цінність та купівельну спроможність користувача.

Визначено та проаналізовано основні складові поживної цінності білкових сумішей, а також їх вплив на загальну поживну цінність протеїну. Графік результатів оцінювання експертами, достатньої кількості білка для протеїну, показав доцільність використання функції належності Pi-shaped при розробці нечіткої інтелектуальної системи.

Була визначена архітектура нечіткої інтелектуальної системи для підтримки проведення тренувального процесу. Проведено структурування знань та визначено необхідні лінгвістичні змінні та область їх значень. Для зазначених лінгвістичних змінних визначено терми та побудовано функції належності. Була спроектована і розроблена логіко-лінгвістична модель нечіткої інтелектуальної системи. Визначено ієрархічні структури вхідних та вихідних факторів вибору спортивного харчування, які мають певні відношення між собою та описуються визначеними лінгвістичними змінними.

### **3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ НЕЧІТКОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ**

#### **3.1 Обґрунтування вибору середовища для розробки**

Беручи до уваги результати проектування, поставлені задачі та структуру серверної частини інформаційної технології, програмну реалізацію нечіткої інтелектуальної системи для підтримки проведення тренувального процесу було здійснено в середовищі MATLAB. Серед усіх можливостей MATLAB, найголовнішим для інформаційної технології є розробка FIS (fuzzy inference system) і компіляція FIS у бібліотеки для різних платформ розробки.

Компоненти серверної частини інформаційної технології, які наведено на рисунку 3.1, розроблені використовуючи платформу .Net, а середовище MATLAB дозволяє скомпілювати нечітку інтелектуальну систему в бібліотеку для цієї платформи. Таким чином, MATLAB дозволяє підключити розроблену нечітку інтелектуальну систему, як вбудований ресурс серверної частини.

MATLAB являє собою пакет прикладних програм для числового аналізу, а також мову програмування, яка застосовується у цьому пакеті. Мову MATLAB можливо визначити, як високорівневу мову програмування, що включає широкий спектр функцій, інтегроване середовище розробки, структури даних засновані на матрицях, об'єктно-орієнтовані можливості та інтерфейси до програм, що написані на інших мовах програмування.

Серед надзвичайно широкого спектра можливостей та готових рішень, які може надати MATLAB, для програмної реалізації спроектованої нечіткої інтелектуальної системи будуть використовуватись Fuzzy Logic Designer та Fuzzy Logic Toolbox. Fuzzy Logic Designer – це застосунок, який входить в пакет прикладних програм MATLAB, що дозволяє розробляти і тестувати нечіткі системи логічного виведення, а також проводити моделювання поведінки складних систем. Fuzzy Logic Toolbox являє собою пакет розширення MATLAB,

який містить інструменти для побудови, налаштування та редагування систем нечіткої логіки. Даний пакет включає графічний інтерфейс, який забезпечує покрокове проектування нечітких систем, функції командного рядка для розробки програм, а також спеціальні блоки для побудови систем нечіткої логіки в Simulink. Усі функції пакета розширення написані мовою MATLAB, що дозволяє контролювати виконання алгоритмів, змінювати вихідний код, а також створювати свої власні функції і процедури.

Серверна частина інформаційної технології являє собою Web API, який складається з ряду взаємопов'язаних компонентів. На рисунку 3.1 наведено діаграму компонентів, де більш детально описані компоненти та взаємозв'язки між ними. Коли HTTP запити проходять по каналу обробки запитів, спрацьовують ланцюги проміжних шарів (middleware). В кінці каналу обробки запитів ланцюг замикається і обробка передається до кінцевої точки певного контролера. Контролери побудовані за принципами REST, що дозволяє реалізувати масштабованість взаємодії компонентів всієї системи, загальність інтерфейсів, незалежне впровадження компонентів, проміжні компоненти, що знижують затримку або посилюють безпеку.

Контролери виконують ряд певних дій та взаємодіють з бібліотекою класів рівня бізнес-логіки. На цьому рівні описано сервіси та додаткову інфраструктуру для їхньої роботи, таку як логіка взаємодії цієї системи з об'єктами та функціями середовища MATLAB.

Оцінка поживної цінності протеїну та отримання рекомендації щодо її покупки відбувається на рівні бізнес-логіки в сервісі FuzzyProteinEvaluationService. Даний сервіс використовує можливості MATLAB за допомогою додаткових ресурсів динамічно зв'язаних бібліотек (DLL). Бібліотека класів MWArray.dll містить об'єкти, що забезпечують обмін даними між середовищем .NET та MATLAB Runtime. А бібліотека FuzzyProteinEvaluation.dll була скомпільована засобами MATLAB спеціально для використання у .NET та надає доступ до розробленої системи нечіткого логічного виведення, яка і визначає поживну цінність протеїну та визначає

оптимальність покупки протеїну. Рівень бізнес-логіки слугує посередником між контролерами та рівнем доступу до даних. Сервіси взаємодіють з рівнем доступу до даних, коли потрібно взаємодіяти з інформацією бази даних.

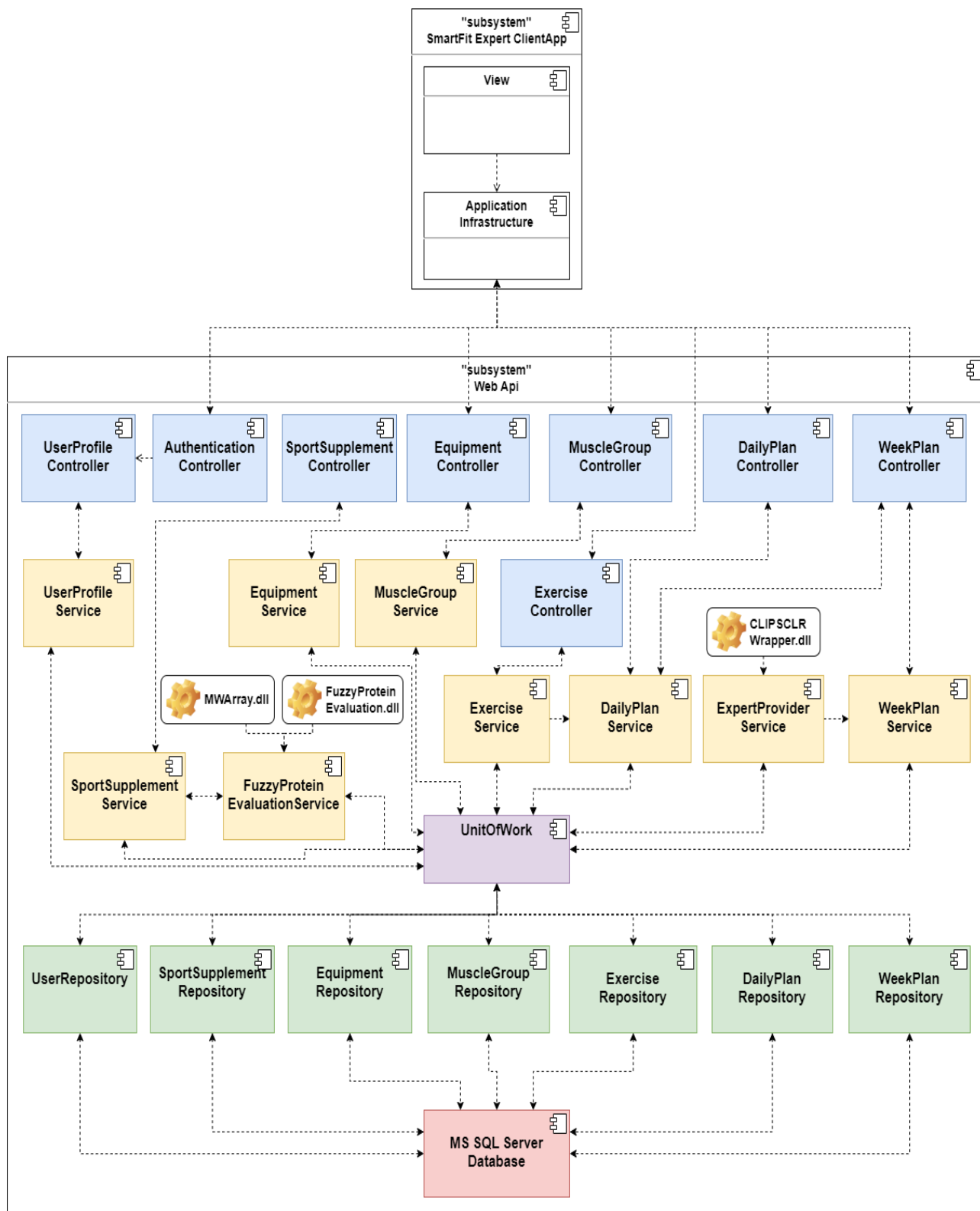


Рисунок 3.1 – Діаграма компонентів інформаційної технології



Рівень доступу до даних отримує керування від сервісів та займається виключно взаємодією з базою даних. Для організації роботи на цьому рівні, вирішено застосувати шаблон проектування Unit of work та Repository. Шаблон Unit of work дозволяє взаємодіяти різним сервісам інформаційної технології з єдиним об'єктом, що містить весь необхідний набір репозиторіїв з необхідними даними системи. Шаблон проектування Repository використовувався попереднім шаблоном та забезпечує інкапсуляцію деталей реалізації механізму збереження і отримання даних від джерела, що дозволяє розробникам мати велику гнучкість при зміні джерел інформації.

### 3.2 Розробка бази знань

Для розробки нечіткої інтелектуальної системи вибору спортивного харчування використано середовище розробки MATLAB. Провівши структуризацію знань, етап їх формалізації проходить набагато швидше та простіше. Для цього необхідно подати залежності одних факторів від інших у вигляді продукційних правил, які мають вигляд:

$$\text{Якщо } \langle X=a \rangle \text{ І } \langle Y=b \rangle \text{ АБО } \langle Z=c \rangle \text{ ТО } \langle R=d \rangle, \quad (3.1)$$

де  $X, Y, Z, R$  – лінгвістичні змінні;  $a, b, c, d$  – їх терми.

У процесі створення правил виникає проблема охопити всі необхідні лінгвістичні змінні та набір термів кожної з них. Якщо на вхід системи подати інформацію, яка після процесу фазифікації відповідає певній комбінації лінгвістичних змінних та термів, яку не охоплює жодне правило, то за замовчуванням вихідні змінні будуть мати середнє значення області визначеності. Тому для правильної роботи інтелектуальної системи потрібно врахувати таку особливість.

Узагальнену структуру системи нечіткого логічного виведення для вибору протеїну представлено на рисунку на 3.2.

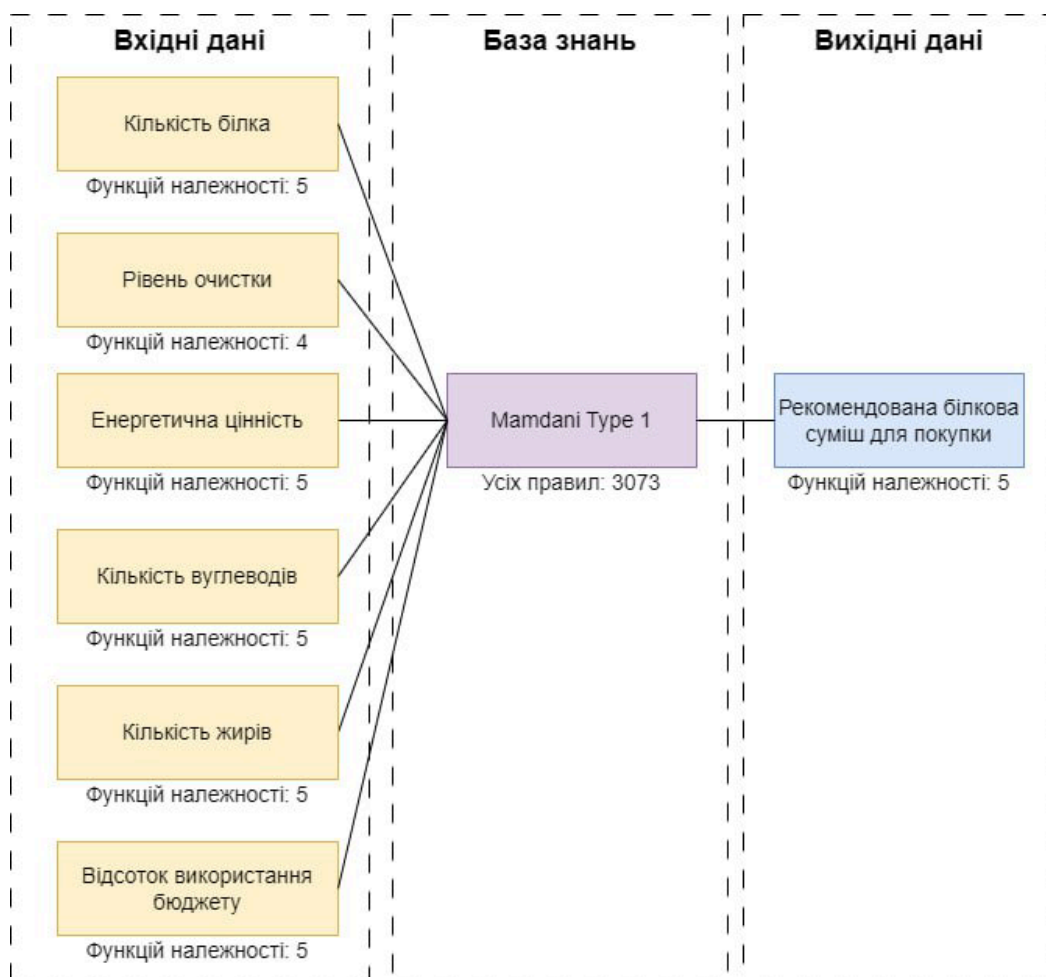


Рисунок 3.2 – Узагальнена структура системи нечіткого логічного виведення для вибору протеїну

Визначимо кількість правил необхідних для того, щоб охопити всі можливі комбінації лінгвістичних змінних та їх термів:

$$\begin{aligned}
 & |T(y1)| \times |T(y2)| \times |T(y4)| \times |T(y6)| \times |T(y8)| \times |T(y10)| = \\
 & = 5 \times 4 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 = 12500
 \end{aligned}
 \tag{3.2}$$

Отримуємо 12500 можливих правил. Щоб оптимізувати нечітку базу знань шляхом зменшення загальної кількості правил, використаємо правила, які виглядають наступним чином:

якщо <кількість білка = недостатня (ILP)> АБО <Рівень очистки протеїну = недостатній (ILPP)> АБО <Енергетична цінність = низька (LLEV)> АБО <кількість вуглеводів = низька (LLC)> АБО <Відсоток використання бюджету = дуже низький (VCP)> ТО <Рекомендована білкова суміш для покупки = не розглядати (NCP)>.

Тоді вираз (3.2) обраховується наступним чином:

$$(|T(y_1)| - 1) \times (|T(y_2)| - 1) \times (|T(y_4)| - 1) \times (|T(y_6)| - 1) \times (|T(y_8)| - 1) \times (|T(y_{10})| - 1) + 1 = 4 \times 3 \times 4 \times 4 \times 4 \times 4 + 1 = 3073.$$

Хоча кількість правил скоротилась у 4 рази, до 3073, їх досі занадто багато для адекватної роботи з базою знань. При такій кількості, легко допустити помилку при записі правил, дуже важко корегувати або налаштовувати роботу системи на етапі тестування, а також доведеться витратити велику кількість часу безпосередньо на створення самих правил. Очевидно, що зі збільшенням кількості вхідних даних до нечіткої інтелектуальної системи – кількість правил у базі знань зростає експоненціально, що своєю чергою призводить до зниження ефективності проведення обчислень. Це також ускладнює роботу з налаштуванням та корегуванням правил бази знань і параметрів функцій належностей. Розв'язанням даної проблеми може слугувати впровадження дерева нечіткого логічного виведення [29].

Дерева нечіткого логічного виведення, також відомі як ієрархічні системи нечіткого логічного виведення, являють собою ієрархічно впорядковані системи нечіткого логічного виведення. У деревоподібній структурі виходи нечітких систем нижчого рівня слугують входами для нечітких систем вищого рівня. Дерева нечіткого логічного виведення потребують менших обчислювальних потужностей, з ними значно легше працювати і розуміти, на відміну від системи нечіткого логічного виведення зі значною кількістю вхідних даних. Структура дерева дозволяє значно скоротити кількість правил необхідних для охоплення всіх необхідних комбінацій лінгвістичних змінних та термів. Таким чином, можна зменшити кількість входів на кожному етапі логічного виведення, що зменшує кількість можливих унікальних комбінацій вхідних даних і відповідно зменшує кількість необхідних правил у базі знань до 89 правил, що продемонстровано на рисунку 3.3. При цьому, зручність додавання, редагування та тестування правил значно покращується, оскільки база знань розділяється на декілька баз знань, що відповідають певному етапу логічного виведення.

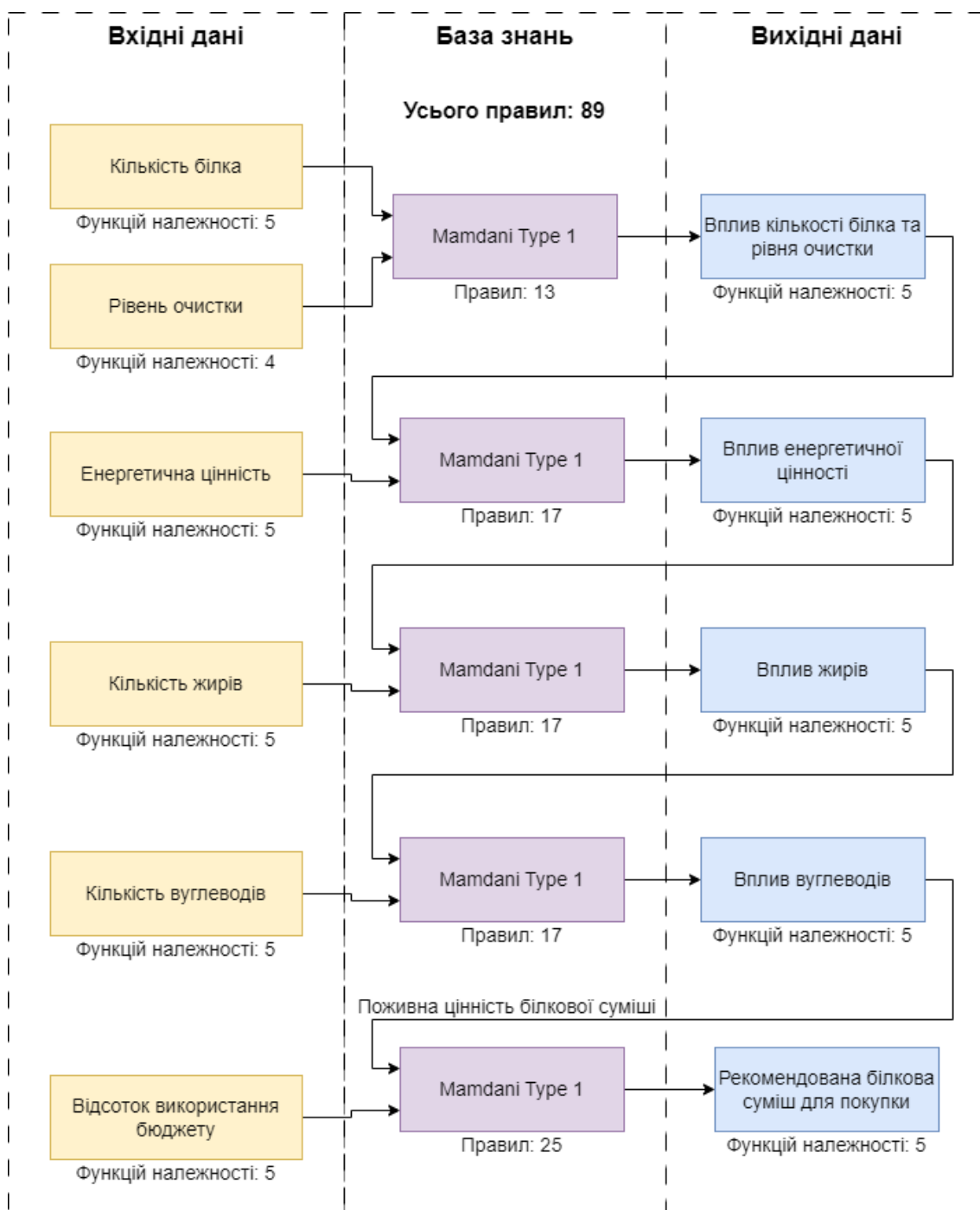


Рисунок 3.3 – Структура дерева нечіткого логічного виведення для вибору протеїну

Отже, використовуючи дерево нечіткого логічного виведення для вибору протеїну вдалось оптимізувати нечітку базу знань шляхом зменшення загальної кількості правил з 3073 до 89, тобто у 34,5 рази. А також завдяки зменшенню довжини запису правила, оскільки на кожному етапі використовується тільки 2 антецеденти, а не одразу всі 6.

Набір правил, що утворює базу знань першого етапу нечіткого логічного виведення, представлено на рисунку 3.4. Даний етап оцінює вплив кількості білка та рівня очистки на поживну цінність протеїну.

System: ProtNut-Stage-1-AP-PPL

Add All Possible Rules Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If Amount of protein - AP, gr. is ILP or Protein purification level - PPL is ILPP then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is INV	1	rule1
2	If Amount of protein - AP, gr. is LLP and Protein purification level - PPL is WPC then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is LNV	1	rule2
3	If Amount of protein - AP, gr. is LLP and Protein purification level - PPL is WPI then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is LNV	1	rule3
4	If Amount of protein - AP, gr. is LLP and Protein purification level - PPL is WPH then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is ANV	1	rule4
5	If Amount of protein - AP, gr. is ALP and Protein purification level - PPL is WPC then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is ANV	1	rule5
6	If Amount of protein - AP, gr. is ALP and Protein purification level - PPL is WPI then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is ANV	1	rule6
7	If Amount of protein - AP, gr. is ALP and Protein purification level - PPL is WPH then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is SNV	1	rule7
8	If Amount of protein - AP, gr. is SLP and Protein purification level - PPL is WPC then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is SNV	1	rule8
9	If Amount of protein - AP, gr. is SLP and Protein purification level - PPL is WPI then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is SNV	1	rule9
10	If Amount of protein - AP, gr. is SLP and Protein purification level - PPL is WPH then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is HNV	1	rule10
11	If Amount of protein - AP, gr. is HLP and Protein purification level - PPL is WPC then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is SNV	1	rule11
12	If Amount of protein - AP, gr. is HLP and Protein purification level - PPL is WPI then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is HNV	1	rule12
13	If Amount of protein - AP, gr. is HLP and Protein purification level - PPL is WPH then Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is HNV	1	rule13

Рисунок 3.4 – Правила бази знань першого етапу нечіткого логічного виведення

На рисунку 3.5 наведено базу знань другого етапу нечіткого логічного виведення, що оцінює вплив енергетичної цінності на поживну цінність протеїну.

System: ProtNut-Stage-2-AP-PPL-EV

Add All Possible Rules Clear All Rules

	Rule	Weight	Name
1	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is INV or Energy value - EV, kCal is EHLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule1
2	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is LNV and Energy value - EV, kCal is LLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule2
3	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is LNV and Energy value - EV, kCal is SLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule3
4	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is LNV and Energy value - EV, kCal is ALEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule4
5	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is LNV and Energy value - EV, kCal is HLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule5
6	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is ANV and Energy value - EV, kCal is LLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule6
7	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is ANV and Energy value - EV, kCal is SLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule7
8	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is ANV and Energy value - EV, kCal is ALEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule8
9	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is ANV and Energy value - EV, kCal is HLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule9
10	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is SNV and Energy value - EV, kCal is LLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule10
11	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is SNV and Energy value - EV, kCal is SLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule11
12	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is SNV and Energy value - EV, kCal is ALEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule12
13	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is SNV and Energy value - EV, kCal is HLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule13
14	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is HNV and Energy value - EV, kCal is LLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule14
15	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is HNV and Energy value - EV, kCal is SLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule15
16	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is HNV and Energy value - EV, kCal is ALEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule16
17	If Nutritional Value - NV - S1 - AP-PPL is HNV and Energy value - EV, kCal is HLEV then Nutritional Value - NV - S2 - AP-P...	1	rule17

Рисунок 3.5 – Правила бази знань другого етапу нечіткого логічного виведення

На рисунку 3.6 наведено базу знань третього етапу нечіткого логічного виведення, що оцінює вплив енергетичної цінності на поживну цінність протеїну.

System: ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF

	Rule	Weight	Name
1	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is INV or Amount of fat - AF, gr. is EHLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is ...	1	rule1
2	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is LNV and Amount of fat - AF, gr. is LLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is...	1	rule2
3	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is LNV and Amount of fat - AF, gr. is SLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule3
4	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is LNV and Amount of fat - AF, gr. is ALF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is...	1	rule4
5	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is LNV and Amount of fat - AF, gr. is HLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule5
6	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is ANV and Amount of fat - AF, gr. is LLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is...	1	rule6
7	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is ANV and Amount of fat - AF, gr. is SLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule7
8	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is ANV and Amount of fat - AF, gr. is ALF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule8
9	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is ANV and Amount of fat - AF, gr. is HLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule9
10	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is SNV and Amount of fat - AF, gr. is LLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule10
11	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is SNV and Amount of fat - AF, gr. is SLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule11
12	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is SNV and Amount of fat - AF, gr. is ALF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule12
13	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is SNV and Amount of fat - AF, gr. is HLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule13
14	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is HNV and Amount of fat - AF, gr. is LLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule14
15	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is HNV and Amount of fat - AF, gr. is SLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule15
16	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is HNV and Amount of fat - AF, gr. is ALF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule16
17	If Nutritional Value - NV - S2 - AP-PPL-EV is HNV and Amount of fat - AF, gr. is HLF then ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF i...	1	rule17

Рисунок 3.6 – Правила бази знань третього етапу нечіткого логічного виведення

На рисунку 3.7 наведено базу знань четвертого етапу нечіткого логічного виведення, що оцінює вплив кількості вуглеводів. Вихідними даними цього етапу є загальна поживна цінність протеїну.

System: ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC

	Rule	Weight	Name
1	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is INV or Amount of carbohydrates - AC, gr. is EHLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule1
2	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is LNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is LLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule2
3	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is LNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is SLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule3
4	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is LNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is ALC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule4
5	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is LNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is HLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule5
6	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is ANV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is LLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule6
7	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is ANV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is SLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule7
8	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is ANV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is ALC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule8
9	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is ANV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is HLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule9
10	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is SNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is LLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule10
11	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is SNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is SLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule11
12	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is SNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is ALC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule12
13	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is SNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is HLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule13
14	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is HNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is LLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule14
15	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is HNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is SLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule15
16	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is HNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is ALC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule16
17	If ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF is HNV and Amount of carbohydrates - AC, gr. is HLC then ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-...	1	rule17

Рисунок 3.7 – Правила бази знань 4-го етапу нечіткого логічного виведення

На рисунку 3.8 наведено базу знань завершального п'ятого етапу нечіткого логічного виведення, що оцінює відсоток використання бюджету. Вихідними даними цього етапу є рекомендований протеїн для покупки.

System: ProtNut-Stage-5-NV-PD

	Rule	Weight	Name
1	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is INV and Price Delta, PD is VCP then Determination of the optimal protein powder ...	1	rule1
2	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is INV and Price Delta, PD is CP then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule2
3	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is INV and Price Delta, PD is AC then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule3
4	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is INV and Price Delta, PD is EX then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule4
5	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is INV and Price Delta, PD is VEX then Determination of the optimal protein powder ...	1	rule5
6	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is LNV and Price Delta, PD is VCP then Determination of the optimal protein powder...	1	rule6
7	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is LNV and Price Delta, PD is CP then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule7
8	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is LNV and Price Delta, PD is AC then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule8
9	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is LNV and Price Delta, PD is EX then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule9
10	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is LNV and Price Delta, PD is VEX then Determination of the optimal protein powder...	1	rule10
11	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is ANV and Price Delta, PD is VCP then Determination of the optimal protein powder...	1	rule11
12	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is ANV and Price Delta, PD is CP then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule12
13	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is ANV and Price Delta, PD is AC then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule13
14	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is ANV and Price Delta, PD is EX then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule14
15	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is ANV and Price Delta, PD is VEX then Determination of the optimal protein powder...	1	rule15
16	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is SNV and Price Delta, PD is VCP then Determination of the optimal protein powde...	1	rule16
17	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is SNV and Price Delta, PD is CP then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule17
18	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is SNV and Price Delta, PD is AC then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule18
19	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is SNV and Price Delta, PD is EX then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule19
20	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is SNV and Price Delta, PD is VEX then Determination of the optimal protein powder...	1	rule20
21	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is HNV and Price Delta, PD is VCP then Determination of the optimal protein powde...	1	rule21
22	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is HNV and Price Delta, PD is CP then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule22
23	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is HNV and Price Delta, PD is AC then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule23
24	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is HNV and Price Delta, PD is EX then Determination of the optimal protein powder f...	1	rule24
25	If ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC is HNV and Price Delta, PD is VEX then Determination of the optimal protein powde...	1	rule25

Рисунок 3.8 – Правила бази знань п'ятого етапу нечіткого логічного виведення

Перевіримо роботу баз знань та нечіткого логічного виведення на прикладі протеїну з таблиці 3.1. Бюджет користувача складає 2800 грн.

Таблиця 3.1 – Зразок протеїну та його показники.

Зразок	Optimum Nutrition, 100% Whey Gold Standard
Показники	
Енергетична цінність, ккал	375
Білок, г	75
Жири, г	4,6
Вуглеводи, г	6,3
Рівень очистки протеїну	75 (Ізолят)
Ціна за 2270 г, грн.	3200

Відсоток використання бюджету користувача обчислюється за формулою (3.3):

$$PD = \frac{B \times 100}{P}, \quad (3.3)$$

де PD – відсоток використання бюджету;

B – ціна товару;

P – бюджет користувача.

$$\text{Отже, } PD = \frac{3200 \times 100}{2800} = 114.28\%.$$

На першому етапі нечіткого логічного виведення кількість білка – достатня (SLP) та рівень очистки – ізолят (WPI), тому за правилом №9 поживна цінність протеїну дорівнює 70% – достатня (SNV), як показано на рисунку 3.9.

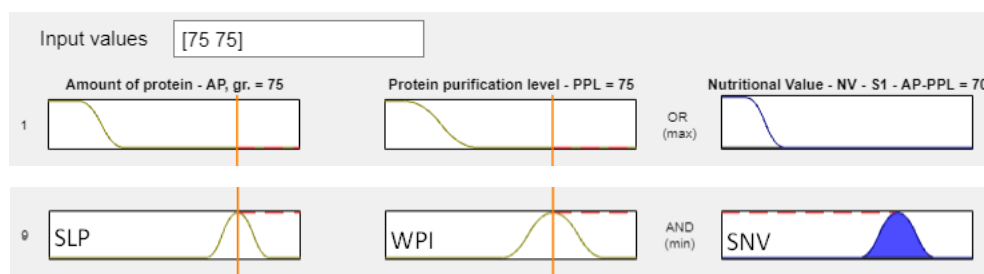


Рисунок 3.9 – Результат першого етапу нечіткого логічного виведення

На другому етапі нечіткого логічного виведення результат першого етапу – достатня (SNV) та енергетична цінність – достатня (SLEV), тому за правилом №11 поживна цінність протеїну дорівнює 70% – достатня (SNV), як показано на рисунку 3.10.

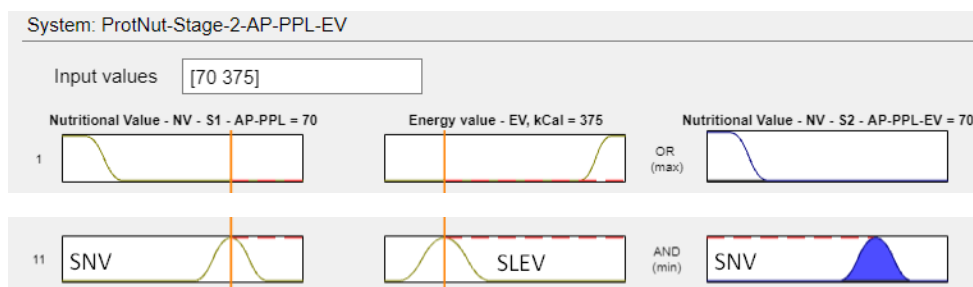


Рисунок 3.10 – Результат другого етапу нечіткого логічного виведення



На третьому етапі нечіткого логічного виведення результат другого етапу – достатня (SNV) та кількість жирів – достатня (SLF), тому за правилом №11 поживна цінність протеїну дорівнює 70% – достатня (SNV), як показано на рисунку 3.11.

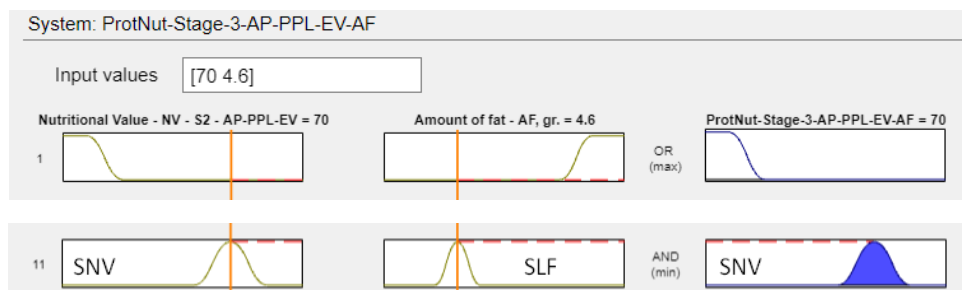


Рисунок 3.11 – Результат третього етапу нечіткого логічного виведення

На четвертому етапі нечіткого логічного виведення результат третього етапу – достатня (SNV) та кількість вуглеводів – достатня (SLC), тому за правилом №11 поживна цінність протеїну дорівнює 70% – достатня (SNV), як показано на рисунку 3.12.

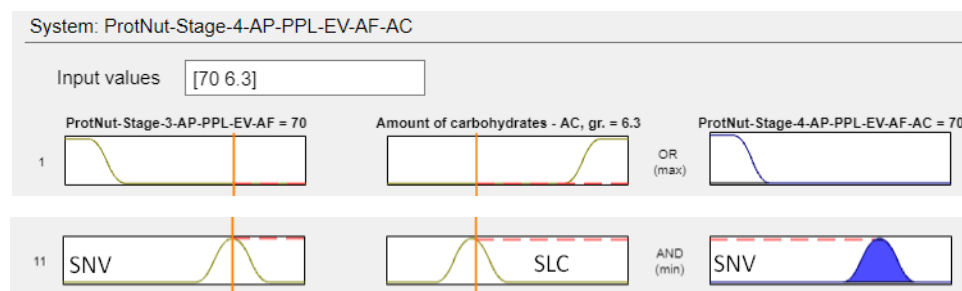


Рисунок 3.12 – Результат четвертого етапу нечіткого логічного виведення

На останньому п'ятому етапі нечіткого логічного виведення результат четвертого етапу – достатня (SNV) та відсоток використання бюджету – дорогий (EX), тому за правилом №19 рекомендована білкова суміш для покупки дорівнює 50% – рекомендована (RP), як показано на рисунку 3.13.

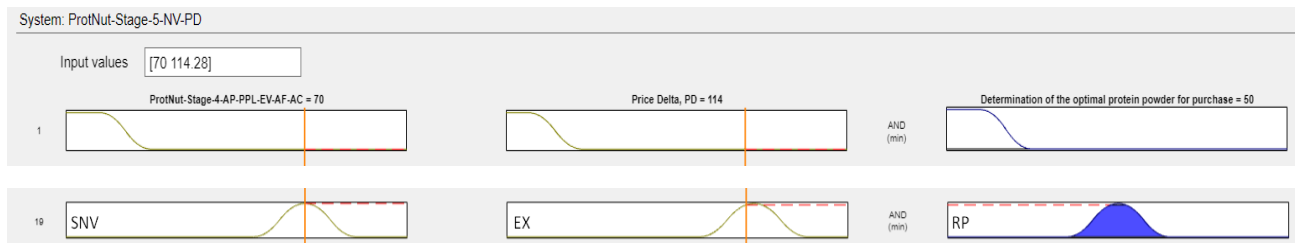


Рисунок 3.13 – Результат усього нечіткого логічного виведення

### 3.3 Компіляція нечіткої інтелектуальної системи в динамічну бібліотеку

Основним компонентом нечіткої інтелектуальної системи спортивного харчування є бібліотека `FuzzyProteinEvaluation.dll`. Дана бібліотека містить реалізацію дерева нечіткого логічного виведення для вибору спортивного харчування. Для створення цієї бібліотеки було розроблено функції в середовищі MATLAB, які здійснюють поетапний виклик системи нечіткого логічного виведення згідно з відповідним етапом дерева логічного виведення.

Для етапу оцінювання впливу кількості білка та рівня очистки на поживну цінність протеїну розроблено наступну функцію:

```
function [ProtPurificationEval] =
GetProtPurificationEval(protAmount, purLevel)
fis=readfis('ProtNut-Stage-1-AP-PPL');
ProtPurificationEval = evalfis(fis, [protAmount, purLevel]);
end
```

Для етапу оцінювання впливу енергетичної цінності на поживну цінність протеїну розроблено наступну функцію:

```
function [EnergyEval] =
GetEnergyEval(protPurificationEval, energyValue)
fis=readfis('ProtNut-Stage-2-AP-PPL-EV');
EnergyEval = evalfis(fis, [protPurificationEval, energyValue]);
end
```

Для етапу оцінювання впливу кількості жирів на поживну цінність протеїну розроблено наступну функцію:

```
function [FatEval] = GetFatEval(energyEval, fatAmount)
fis=readfis('ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF');
FatEval = evalfis(fis, [energyEval, fatAmount]);
end
```

Для етапу оцінювання впливу кількості вуглеводів розроблено наступну функцію:

```
function [CarboEval] = GetCarboEval(fatEval,carboAmount)
fis=readfis('ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC');
CarboEval = evalfis(fis,[fatEval,carboAmount]);
end
```

Вихідними даними цього етапу є загальна поживна цінність протеїну. Для етапу оцінювання відсотку використання бюджету розроблено наступну функцію:

```
function [PurchaseEval] =
GetPurchaseEval(carboEval,purchaseAbility)
fis=readfis('ProtNut-Stage-5-NV-PD');
PurchaseEval = evalfis(fis,[carboEval,purchaseAbility]);
end
```

Вихідними даними цього етапу є рекомендація протеїну для покупки.

Засобами MATLAB було викликано компілятор динамічно зв'язаних бібліотек, який було налаштовано на сумісність з .NET. Описані вище функції та файли систем нечіткого логічного виведення (fis файли) стали компонентами утвореної бібліотеки FuzzyProteinEvaluation.dll.

Головним об'єктом бібліотеки є клас ProteinEvaluator, який інкапсулює описані вище функції у методи класу із перевантаженими версіями. Один з таких методів наведено на рисунку 3.14. Метод GetProteinEvaluation отримує в якості вхідних параметрів усі складові поживної цінності та відсоток використання бюджету, а повертає результат роботи усієї нечіткої інтелектуальної системи у вигляді оцінки на скільки дана білкова суміш рекомендована до придбання.

```
public MArray GetProteinEvaluation(MArray protAmount, MArray purLevel, MArray
energyValue, MArray fatAmount, MArray carboAmount,
MArray purchaseAbility)
{
return mcr.EvaluateFunction("GetProteinEvaluation",
protAmount, purLevel, energyValue, fatAmount, carboAmount, purchaseAbility);
}
```

Рисунок 3.14 – Метод GetProteinEvaluation класу ProteinEvaluator

На рівні бізнес-логіки розроблено сервіс FuzzyProteinEvaluationService, який інкапсулює методи оцінки поживної цінності протеїну та отримання

рекомендації щодо її покупки. Саме цей сервіс використовує розроблену нечітку систему логічного виведення.

Для визначення вигідності покупки за ціною та бюджетом користувача, вирішено відштовхуватись саме від відсотку використання бюджету, а не від ціни товару, оскільки ціни постійно змінюються і терми лінгвістичних змінних також потрібно було б корегувати. Метод обрахунку відсотку використання бюджету наведено на рисунку 3.15.

```
1 reference
public double GetPurchaseAbility(double price, int budget)
{
    double purchaseAbility = (price * 100) / budget;
    return purchaseAbility;
}
```

Рисунок 3.15 – Метод GetPurchaseAbility сервісу FuzzyProteinEvaluationService

Основним методом сервісу FuzzyProteinEvaluationService є метод Evaluate для отримання оцінки на скільки білкова суміш рекомендована для покупки. На рисунку 3.16 наведено код цього методу.

Спочатку створюється екземпляр класу ProteinEvaluator бібліотеки FuzzyProteinEvaluation.dll, далі обчислюється відсоток використання бюджету користувача, після чого відбувається поетапна оцінка впливу кожної складової поживної цінності протеїну. В результаті отримується оцінка загальної поживної цінності.

```
public class FuzzyProteinEvaluationService
{
    0 references
    public void Evaluate(SportSupplement supplement, int budget)
    {
        ProteinEvaluator evaluator = new ProteinEvaluator();
        var purchaseAbility = GetPurchaseAbility(supplement.SportSupplementVariant.Price, budget);

        var stage1 = evaluator.GetProtPurificationEval(supplement.SportSupplementVariant.ProteinAmount,
            supplement.PurificationLevel);
        var stage2 = evaluator.GetEnergyEval(stage1, supplement.SportSupplementVariant.EnergyValue);
        var stage3 = evaluator.GetFatEval(stage2, supplement.SportSupplementVariant.FatsAmount);
        var stage4 = evaluator.GetCarboEval(stage3, supplement.SportSupplementVariant.CarboAmount);
        var stage5 = evaluator.GetPurchaseEval(stage4, purchaseAbility);
    }
}
```

Рисунок 3.16 – Метод Evaluate сервісу FuzzyProteinEvaluationService

Завершальним етапом є врахування підрахованого раніше відсотку використання бюджету та загальної поживної цінності, і отримується оцінка рекомендованості протеїну для покупки.

### **3.4 Тестування розробленої нечіткої інтелектуальної системи**

Для проведення тестування, першочергово необхідно підготувати та сформувати адекватну вибірку протеїнів, що представлені на українському ринку спортивного харчування. Щоб не скомпрометувати результати тестування, зразки повинні бути:

- сертифікованими та відповідати міжнародним стандартам якості;
- представляти якомога ширшу лінійку протеїнів (від доступних за ціною концентратів, до досить дорогих гідролізатів);
- мати усю офіційну, або науково доведену інформацію, необхідну для проведення тестування;
- широко представлені на ринку українського спортивного харчування (мати попит у покупців, а не бути нішевим продуктом).

Був здійснений пошук відповідної інформації, зокрема серед найбільших мереж продажу спортивного харчування, офіційних інформаційних ресурсів виробників та відомих прайс-агрегаторів, таких як [hotline.ua](http://hotline.ua), [e-Katalog.ua](http://e-Katalog.ua) та [Price.ua](http://Price.ua). Дослідивши і проаналізувавши джерела, що містять інформацію про актуальний стан справ на ринку спортивного харчування в Україні була сформована необхідна вибірка для тестування роботи програмного застосунку. Вона складається з 10 найпопулярніших протеїнів на ринку спортивного харчування в Україні (станом на жовтень 2023 р.), що задовольняють вищевказані умови до формування вибірки. Тестувальна вибірка представлена у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Тестувальна вибірка протеїнів.

№	Зображення	Протеїн	Літера-код
1		Myprotein, <i>Impact Whey Protein</i>	A
2		Rule One, <i>(R1) Whey Blend</i>	B
3		BSN, <i>Syntha-6</i>	C
4		OstroVit, <i>Standard WPC80.eu</i>	D
5		Scitec Nutrition, <i>100% Whey Protein Professional</i>	E
6		BioTech USA, <i>100% Pure Whey</i>	F
7		Optimum Nutrition, <i>100% Whey Gold Standard</i>	G
8		BioTech USA, <i>Iso Whey Zero</i>	H
9		Dymatize Nutrition, <i>ISO-100</i>	I
10		Optimum Nutrition, <i>Platinum Hydro Whey</i>	J

Перевіримо правильність роботи розробленої нечіткої інтелектуальної системи на базі створеного програмного забезпечення.

На рисунку 3.17 наведено початкове вікно системи, де користувачу пропонується перейти до оцінки протеїну, переглянути рейтинг протеїнів за їх поживною цінністю або переглянути каталог уже існуючих в базі екземплярів протеїнів.

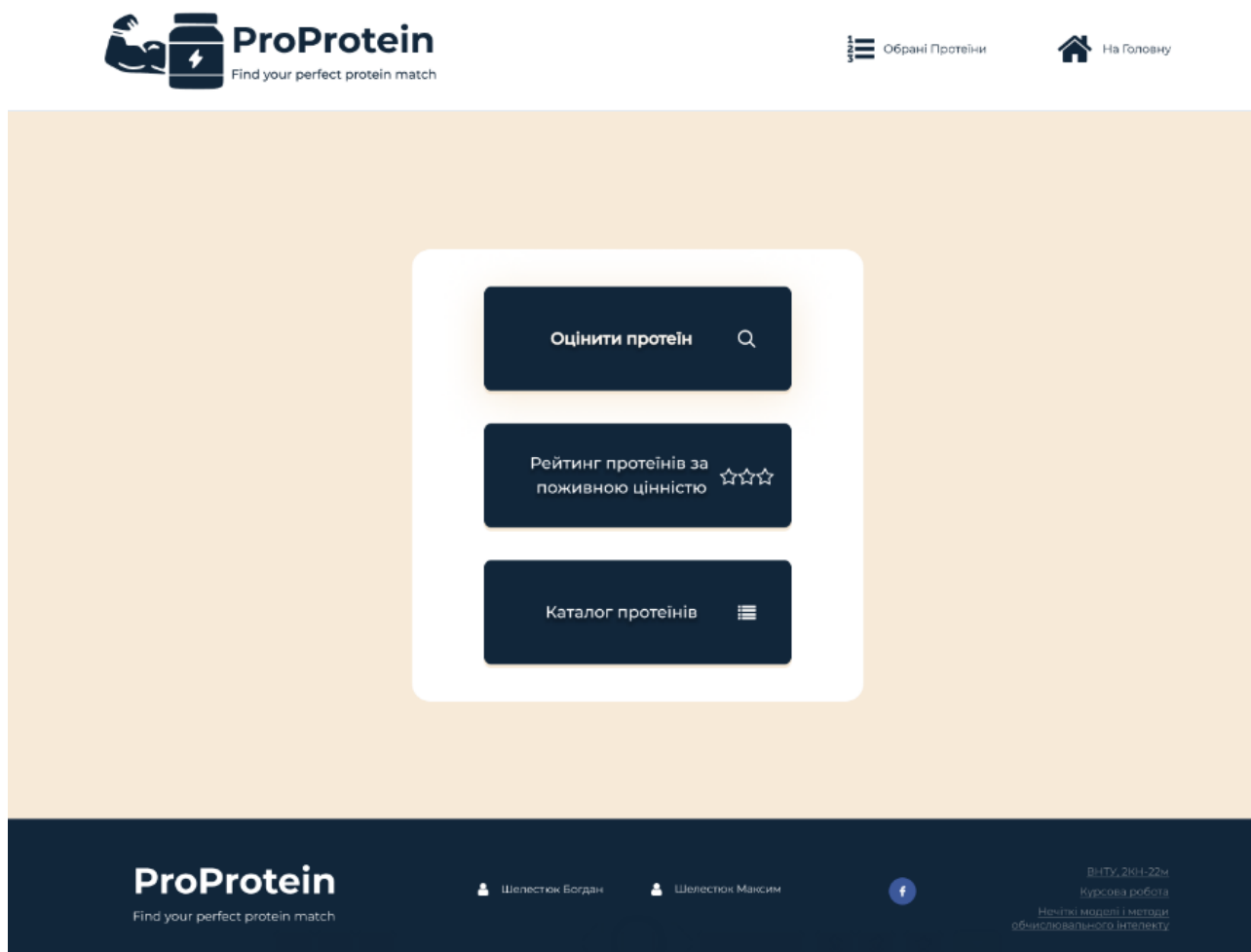


Рисунок 3.17 – Початкове вікно системи

Коли користувач натискає на кнопку «Оцінити протеїн» відбувається перехід до меню оцінки протеїну, що наведено на рисунку 3.18. Дане меню пропонує користувачу обрати протеїн для оцінки або зі списку в каталозі, або додати свій екземпляр протеїну для подальшої оцінки.

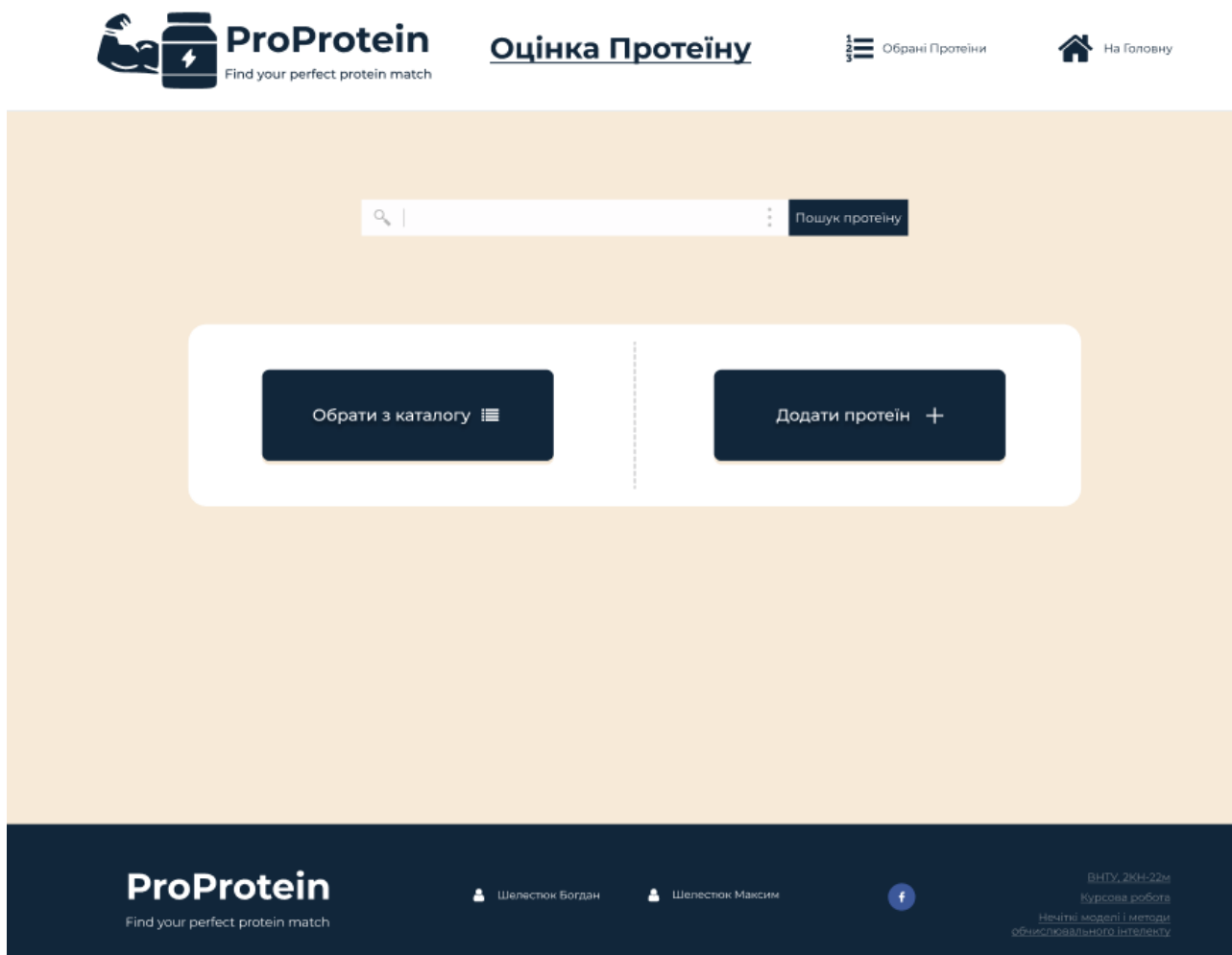
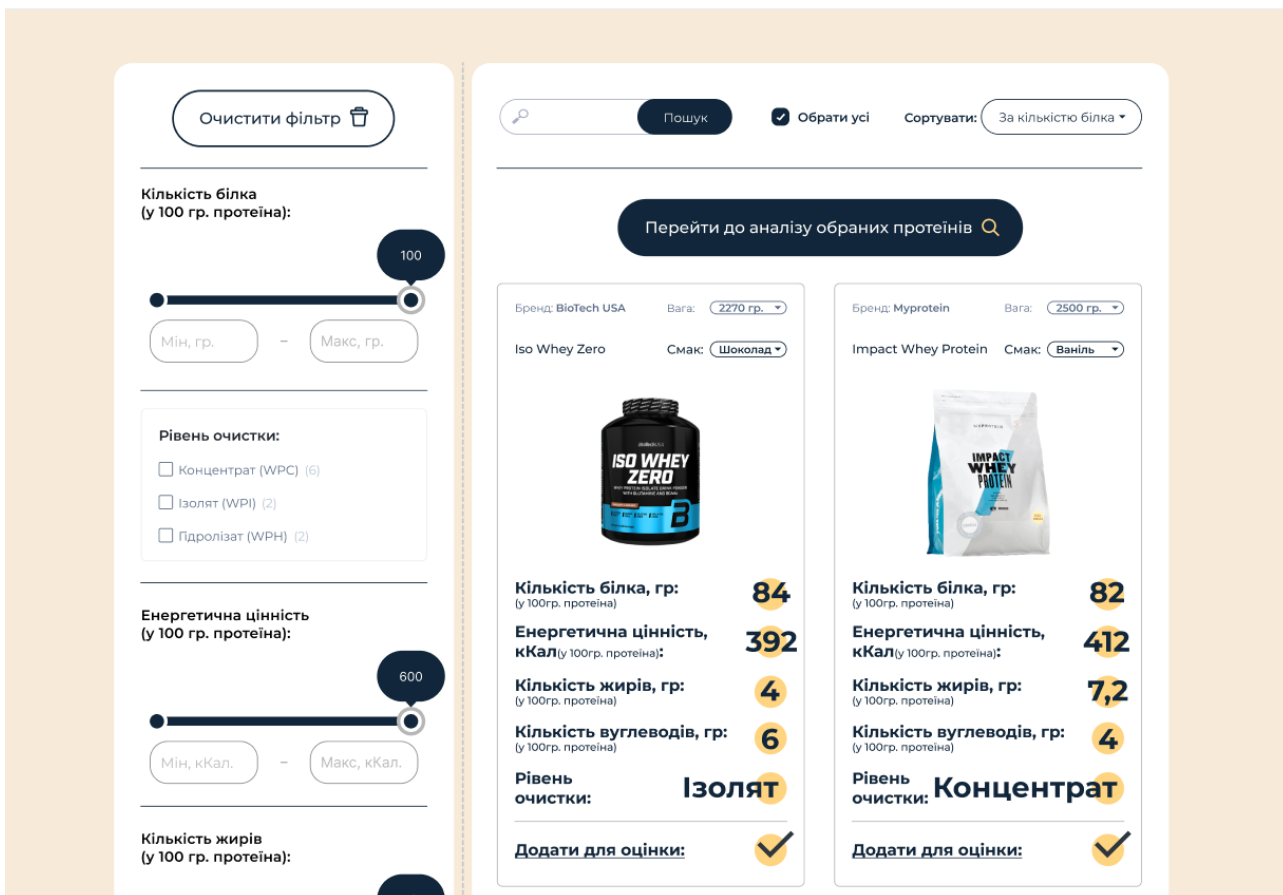


Рисунок 3.18 – Меню оцінки протеїну

Для тестування оберемо усі протеїни з каталогу (це 9 штук) та додамо ще один, якого немає у каталозі, щоб продемонструвати можливості системи. Якщо перейти до каталогу – користувачу надається функціонал для пошуку та відбору потрібних товарів та їх додавання до списку обраних, як показано на рисунках 3.19-3.20. Список обраних виконує функцію кошика, куди потрапляють та зберігаються обрані користувачем товари. Користувач бачить протеїни у вигляді інформаційних карток, де вказується назва протеїну, бренд, офіційне зображення протеїну, перелік основних складових поживної цінності з відповідними значеннями (в розрахунку на 100 г протеїну), а також надається можливість обрати смак (смак може незначним чином, але змінювати деякі показники, наприклад збільшити кількість вуглеводів на 1-4 грама) та вагу протеїну.





The screenshot displays the ProProtein catalog interface. On the left, there are search filters for protein amount (100g), purification level (WPC, WPI, WPH), energy value (600 kcal), and fat content (16g). The main area shows two product listings:

Бренд	Вага	Смак	Кількість білка, гр (у 100гр. протеїна)	Енергетична цінність, кКал (у 100гр. протеїна)*	Кількість жирів, гр (у 100гр. протеїна)	Кількість вуглеводів, гр (у 100гр. протеїна)	Рівень очистки	Додати для оцінки
BioTech USA	2270 гр.	Шоколад	84	392	4	6	ІЗОЛЯТ	✓
Myprotein	2500 гр.	Ваніль	82	412	7,2	4	Концентрат	✓

Рисунок 3.19 – Каталог протеїнів для оцінки

Пошук необхідних протеїнів можна здійснити за допомогою введення назви в поле пошуку або застосування різноманітних фільтрів пошуку та відбору. До фільтрів входять:

- діапазон значень кількості білка у 100 г протеїну;
- вибір рівня очистки;
- діапазон значень енергетичної цінності у 100 г протеїну;
- діапазон значень кількості жирів у 100 г протеїну;
- діапазон значень кількості вуглеводів у 100 г протеїну;
- вибір певного бренду;
- вибір рівня поживної цінності протеїну.

(у 100 гр. протеїна):

16

Мін, гр. - Макс, гр.

Кількість вуглеводів (у 100 гр. протеїна):

20

Мін, гр. - Макс, гр.

Бренд:

- Optimum Nutrition (2)
- BioTech USA (2)
- BSN (1)
- Scitec Nutrition (1)
- Myprotein (1)
- Dymatize Nutrition (1)

Показати ще ▾


Поживна цінність протеїна:

- Висока ★★★★★
- Достатня ★★★★★
- Прийнятна ★★★
- Низька ★★
- Недостатня ★

Застосувати фільтр ✓

Бренд: BioTech USA Вага: 2270 гр.

100% Pure Whey Смак: Шоколад



Кількість білка, гр: **78,6**  
(у 100гр. протеїна)

Енергетична цінність, кКал (у 100гр. протеїна): **364**

Кількість жирів, гр: **4,3**  
(у 100гр. протеїна)


Кількість вуглеводів, гр: **3,5**  
(у 100гр. протеїна)

Рівень очистки: **Концентрат**

Додати для оцінки: ✓

Бренд: Dymatize Nutrition Вага: 2200 гр.

ISO-100 Смак: Полуниця



Кількість білка, гр: **78,1**  
(у 100гр. протеїна)

Енергетична цінність, кКал (у 100гр. протеїна): **356,3**

Кількість жирів, гр: **2,1**  
(у 100гр. протеїна)


Кількість вуглеводів, гр: **3,4**  
(у 100гр. протеїна)

Рівень очистки: **Гідролізат**

Додати для оцінки: ✓

Бренд: Optimum Nutrition Вага: 1600 гр.

Platinum Hydro Whey Смак: Шоколад



Кількість білка, гр: **76,9**  
(у 100гр. протеїна)

Енергетична цінність, кКал (у 100гр. протеїна): **359**

Кількість жирів, гр: **2,6**  
(у 100гр. протеїна)


Кількість вуглеводів, гр: **5,1**  
(у 100гр. протеїна)

Рівень очистки: **Гідролізат**

Додати для оцінки: ✓

Бренд: OstroVit Вага: 2270 гр.

Standard WPC80.eu Смак: Без смаку



Кількість білка, гр: **76,6**  
(у 100гр. протеїна)

Енергетична цінність, кКал (у 100гр. протеїна): **400**

Кількість жирів, гр: **7,3**  
(у 100гр. протеїна)

Кількість вуглеводів, гр: **6,6**  
(у 100гр. протеїна)

Рівень очистки: **Концентрат**

Додати для оцінки: ✓

< 1 2 >

**ProProtein**  
Find your perfect protein match

Шелестюк Богдан

Шелестюк Максим

f

ВісУ, 26.04.22  
Курсова робота  
Нячкі модель і методи  
обчислювального інтелекту

Рисунок 3.20 – Продовження каталогу протеїнів для оцінки

В результаті пошуку протеїну користувач може додати його для оцінки, поставивши галочку у відповідному полі. Після чого, кошик обраних протеїнів поповнюється.

Повертаючись до меню оцінки протеїну, користувач може додати свій протеїн для подальшої оцінки. Дана функція дозволяє вказати показники певного протеїну, якого немає в каталозі, як показано на рисунку 3.20. Обов'язковими параметрами при додаванні є вага, розмір порції, рівень очищення, а також складові поживної цінності. В результаті заповнення обов'язкової інформації, кнопка «дати до обраних протеїнів» стає активною.

На рисунку 3.21 наведено сторінку результату додавання протеїну, де користувачу пропонується перейти до аналізу усіх обраних ним протеїнів, або додати ще протеїн.

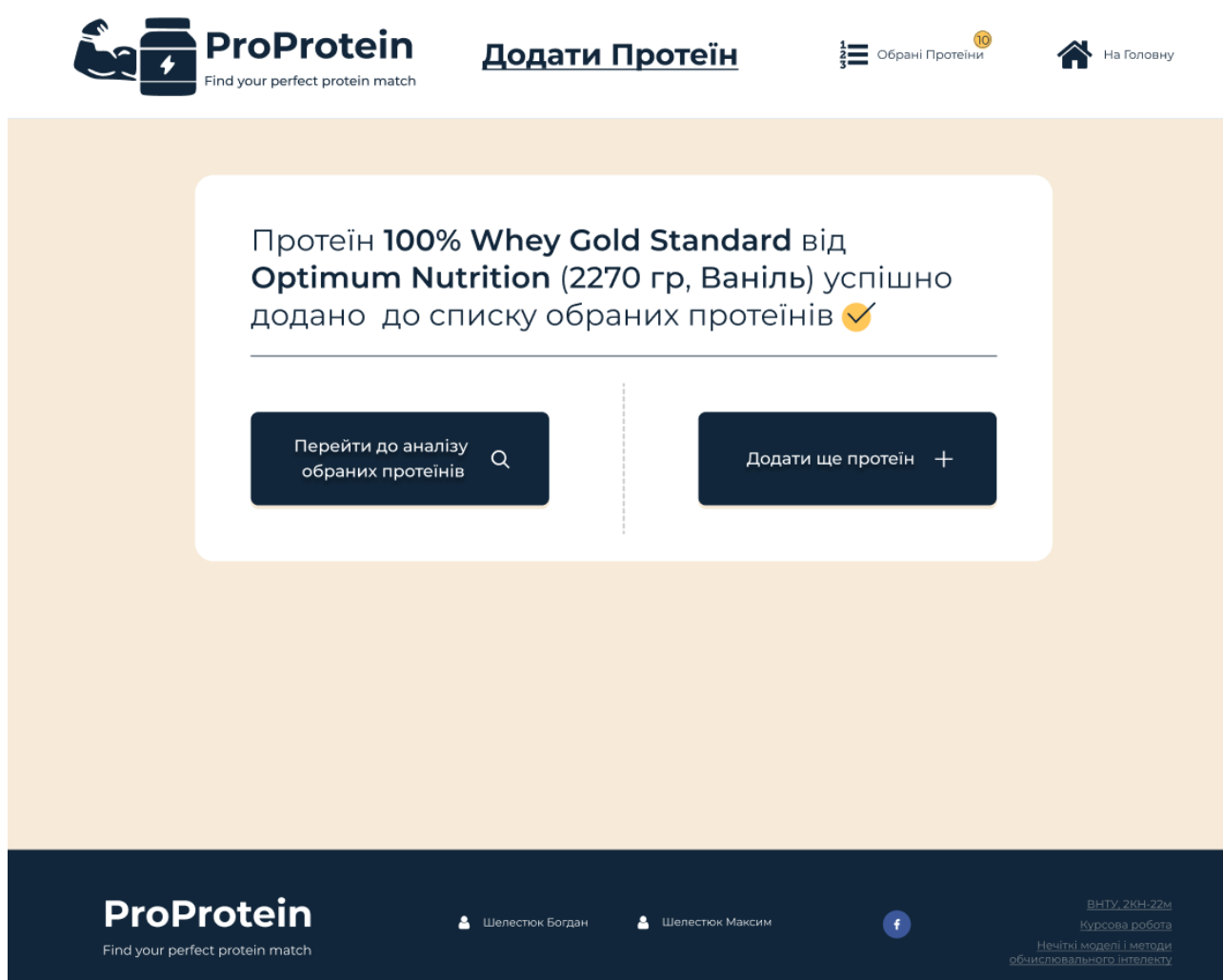



Рисунок 3.21 – Результат додавання протеїну

## Новий протеїн №1

Інформацію для заповнення форми необхідно брати з інформації нанесеної на протеїн виробником, або ж з офіційного сайту виробника. Обов'язкові для заповнення поля позначені зіркою\*

<b>Назва бренду:</b>	Optimum Nutrition	
<b>Назва протеїна:</b>	100% Whey Gold Standard	
<b>Смак протеїна:</b>	Ваніль	
<b>Вага протеїна*:</b>	2270	грам
<b>Розмір порції протеїна*:</b>	29,4	грам

## Склад порції протеїна

<b>Кількість білка*:</b>	23	грам
<b>Енергетична цінність*:</b>	110	кКал
<b>Кількість жирів*:</b>	1,5	грам
<b>Кількість вуглеводів*:</b>	3	грам

<b>Рівень очищення протеїна*:</b>	Ізолят
<b>Кількість порцій протеїна:</b>	76
<b>Прохання додати протеїн до каталогу</b>	<input checked="" type="checkbox"/>

Додати до обраних протеїнів ✓

Рисунок 3.22 – Сторінка додавання протеїну

На рисунку 3.23 наведено сторінку обраних для аналізу протеїнів. Перед тим, як побачити результат аналізу, необхідно заповнити поле введення ціни для

кожного протеїну зі списку, що дозволить оцінити вигідність покупки кожного екземпляру. Також можливо видалити певні протеїни, або виключити їх зі списку для аналізу

ProProtein Find your perfect protein match


Обрані протеїни

Обрані Протеїни 10


На Головну

Перейти до визначення вигідності покупки 🔍


**Перелік обраних для аналізу протеїнів:**

- 

**BioTech USA, Iso Whey Zero, шоколад, 2270 гр.**  
**Склад:** (у 100 гр. протеїна)  
  - Кількість білка: 85 гр.
  - Рівень очистки: ізолят
  - Енергетична цінність: 392 кКал
  - Кількість жирів: 4 гр.
  - Кількість вуглеводів: 6 гр.**Ціна:** 3180,00 гривні, ₴

Обрано для аналізу ✓  
Видалити з обраних 🗑️
- 

**Myprotein, Impact Whey Protein, ваніль, 2500 гр.**  
**Склад:** (у 100 гр. протеїна)  
  - Кількість білка: 82 гр.
  - Рівень очистки: концентрат
  - Енергетична цінність: 412 кКал
  - Кількість жирів: 7,2 гр.
  - Кількість вуглеводів: 4 гр.**Ціна:** 2550,00 гривні, ₴

Обрано для аналізу ✓  
Видалити з обраних 🗑️
- 

**BioTech USA, 100% Pure Whey, шоколад, 2270 гр.**  
**Склад:** (у 100 гр. протеїна)  
  - Кількість білка: 78,6 гр.
  - Рівень очистки: концентрат
  - Енергетична цінність: 364 кКал
  - Кількість жирів: 4,3 гр.
  - Кількість вуглеводів: 3,5 гр.**Ціна:** 2440,00 гривні, ₴

Обрано для аналізу ✓  
Видалити з обраних 🗑️

Рисунок 3.23 – Сторінка обраних для аналізу протеїнів

При переході до визначення вигідності покупки потрібно вказати бюджет, на який розраховує користувач. Опціонально можна додати декілька бюджетів для аналізу, що показано на рисунку 3.24.

### Вкажіть бюджет на придбання протеїна:

Бюджет №1:

Бюджет №2:

Бюджет №3:

Додати бюджет +

Проаналізувати вигідність покупки 🔍

Рисунок 3.24 – Сторінка додавання бюджету користувача

Вказавши свій бюджет, кнопка «проаналізувати вигідність покупки» стає активною. Внаслідок натискання цієї кнопки відбувається перехід до сторінки результатів аналізу, що наведена на рисунках 3.25-3.28.

### Результати аналізу вигідності покупки протеїна:

- ★★★★★ Висока поживна цінність
- ★★★★ Достатня поживна цінність
- ★★★ Прийнятна поживна цінність
- ★★ Низька поживна цінність
- ★ Недостатня поживна цінність

Рисунок 3.25 – Сторінка результату аналізу (пояснення рейтингу)

**Бюджет №1:**  гривні, ₴

#	Назва	Бренд	Вигідність покупки	Оцінка	Рейтинг
1	100% Pure Whey	BioTech USA	Вигідно	70,72	★★★★★
2	Standard WPC80.eu	OstroVit	Вигідно	70,15	★★★★
3	Impact Whey Protein	Myprotein	Вигідно	66,98	★★★★
4	100% Whey Protein Professional	Scitec Nutrition	Рекомендовано	53,13	★★★★
5	ISO-100	Dymatize Nutrition	Рекомендовано	50,68	★★★★★
6	Platinum Hydro Whey	Optimum Nutrition	Рекомендовано	50,21	★★★★★
7	100% Whey Gold Standard	Optimum Nutrition	Рекомендовано	49,88	★★★★
8	Iso Whey Zero	BioTech USA	Не рекомендовано	30,75	★★★★
9	(R1) Whey Blend	Rule One	Не рекомендовано	30,00	★★
10	Syntha-6	BSN	Не купувати	9,49	★

Рисунок 3.26 – Сторінка результату аналізу (таблиця бюджету 2400 грн)

**Бюджет №2:**  гривні, ₴

#	Назва	Бренд	Вигідність покупки	Оцінка	Рейтинг
1	100% Pure Whey	BioTech USA	Дуже вигідно	91,23	★★★★★
2	Standard WPC80.eu	OstroVit	Вигідно	72,67	★★★★
3	100% Whey Gold Standard	Optimum Nutrition	Вигідно	70,78	★★★★
4	100% Whey Protein Professional	Scitec Nutrition	Вигідно	70,35	★★★★
5	Impact Whey Protein	Myprotein	Вигідно	70,06	★★★★
6	Iso Whey Zero	BioTech USA	Вигідно	60,93	★★★★
7	ISO-100	Dymatize Nutrition	Рекомендовано	50,74	★★★★★
8	Platinum Hydro Whey	Optimum Nutrition	Рекомендовано	50,16	★★★★★
9	(R1) Whey Blend	Rule One	Не рекомендовано	30,00	★★
10	Syntha-6	BSN	Не купувати	9,73	★

Рисунок 3.27 – Сторінка результату аналізу (таблиця бюджету 2950 грн)

Бюджет №3:

#	Назва	Бренд	Вигідність покупки	Оцінка	Рейтинг
1	Standard WPC80.eu	OstroVit	Дуже вигідно	91,23	★★★★★
2	100% Pure Whey	BioTech USA	Дуже вигідно	90,73	★★★★★
3	Impact Whey Protein	Myprotein	Дуже вигідно	85,63	★★★★★
4	100% Whey Protein Professional	Scitec Nutrition	Вигідно	72,62	★★★★★
5	Iso Whey Zero	BioTech USA	Вигідно	70,76	★★★★★
6	100% Whey Gold Standard	Optimum Nutrition	Вигідно	70,13	★★★★★
7	ISO-100	Dymatize Nutrition	Рекомендовано	50,92	★★★★★
8	Platinum Hydro Whey	Optimum Nutrition	Рекомендовано	50,38	★★★★★
9	(RI) Whey Blend	Rule One	Не рекомендовано	30,63	★★
10	Syntha-6	BSN	Не купувати	10,00	★

Рисунок 3.28 – Сторінка результату аналізу (таблиця бюджету 3480 грн)

Сторінка результату аналізу містить пояснення рейтингу протеїнів, що порівнюються (рис. 3.24). Графічно рейтинг відображається зірками, кількість яких демонструє загальну поживну цінність певного протеїну в діапазоні від недостатньої поживної цінності до високої. Таке відображення спрощує сприйняття числових показників оцінки поживної цінності.

Решту сторінки результату аналізу займають таблиці з оцінкою загальної поживної цінності та вигідності покупки кожного обраного для аналізу протеїну, причому таблиці розраховані на кожний визначений користувачем бюджет. Відповідно, кількість таблиць залежить від кількості вказаних бюджетів користувача.

З рисунку 3.24 видно, що для бюджету 2400 грн. найвигіднішим протеїном для покупки є 100% Pure Whey від бренду BioTech USA. Вигідність покупки оцінено на 70,72%, що формалізовано як «Вигідна покупка», а рейтинг 5 зірок демонструє загальну поживну цінність як «Висока поживна цінність».



Для бюджету 2950 грн. найвигіднішим протеїном для покупки також є 100% Pure Whey від бренду BioTech USA. Вигідність покупки оцінено на 90,23%, що формалізовано як «Дуже вигідна покупка». Тобто, збільшення бюджету значно підвищило вигідність покупки даного протеїну.

Для бюджету 3480 грн. найвигіднішим протеїном для покупки також є Standard WPC80.eu від бренду OstroVit. Вигідність покупки оцінено на 91,23%, що формалізовано як «Дуже вигідна покупка». Standard WPC80.eu випередив 100% Pure Whey лише 0,5%, що є незначним. Також потрібно відмітити, що Standard WPC80.eu має нижчу поживну цінність (4 зірки, замість 5 у 100% Pure Whey). Причиною, по якій при бюджеті 3480 грн. та нижчою поживною цінністю, Standard WPC80.eu трішки випереджає 100% Pure Whey є цінова перевага та можливість придбати більше протеїну за цей бюджет.

Розглянемо деталізовані зведені таблиці даних тестування 10 найпопулярніших протеїнів на ринку спортивного харчування України за жовтень 2023 року. У таблиці 3.3 представлені вхідні дані усіх протеїнів, які необхідні для визначення поживної цінності, також показані дані поетапної оцінки. На рисунку 3.28 відображено роз'яснення умовних кольорових позначень та аббревіатур, використаних в таблиці 3.3.

<b>КСБ</b>	Концентрат сироваткового білка
<b>ІСБ</b>	Ізолят сироваткового білка
<b>ГСБ</b>	Гідролізат сироваткового білка
<b>ПЦ</b>	Поживна цінність
<b>(INV)</b>	Недостатній рівень поживної цінності (Insufficient nutritional value - INV)
<b>(LNV)</b>	Низький рівень поживної цінності (Low nutritional value - LNV)
<b>(ANV)</b>	Прийнятний рівень поживної цінності (Acceptable nutritional value - ANV)
<b>(SNV)</b>	Достатній рівень поживної цінності (Sufficient nutritional value - SNV)
<b>(HNV)</b>	Високий рівень поживної цінності (High nutritional value - HNV)

Рисунок 3.28 – Роз'яснення умовних кольорових позначень та аббревіатур, використаних в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Вхідні дані та поетапне визначення поживної цінності протеїнів, обраних для тестування.

Протеїн	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Показники										
Кількість білка, г у 100 г протеїну	82	73,7	46,8	76,6	73,3	78,6	75	84	78,1	76,9
Основа складу протеїну	КСБ (64)	КСБ (54)	КСБ (50)	КСБ (61)	КСБ (62)	КСБ (67)	ІСБ (75)	ІСБ (82)	ГСБ (94)	ГСБ (90)
Енергетична цінність, ккал	412	394	425	400	373	364	375	392	356,3	359
Кількість жирів, г у 100 г протеїну	7,2	4,6	12,7	7,3	6,6	4,3	4,6	4	2,1	2,6
Кількість вуглеводів, г у 100 г протеїну	4	12,1	29,8	6,6	4,6	3,5	6,3	6	3,4	5,1
Середня ціна, грн. (Станом на жовтень 2023р)	2550	2680	3120	2240	2860	2440	2960	3180	4640	4850
Результати етапу 1, визначення ПЦ	70,39 (SNV)	59,68 (ANV)	8,76 (INV)	70,14 (SNV)	69,07 (SNV)	80,36 (SNV)	70,37 (SNV)	89,78 (HNV)	90,28 (HNV)	90,62 (HNV)
Результати етапу 2, визначення ПЦ	50,23 (ANV)	58,84 (ANV)	8,76 (INV)	70,56 (SNV)	70,09 (SNV)	82,13 (HNV)	70,94 (SNV)	70,98 (SNV)	91,29 (HNV)	90,21 (HNV)
Результати етапу 3, визначення ПЦ	49,67 (ANV)	55,93 (ANV)	8,76 (INV)	69,25 (SNV)	70,18 (SNV)	86,94 (HNV)	71,12 (SNV)	71,82 (SNV)	91,34 (HNV)	90,26 (HNV)
Результати етапу 4, визначення ПЦ	69,85 (SNV)	30,93 (LNV)	8,76 (INV)	70,14 (SNV)	77,86 (SNV)	91,05 (HNV)	71,41 (SNV)	72,08 (SNV)	91,12 (HNV)	90,69 (HNV)

Результати визначення поживної цінності протеїнів наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати визначення поживної цінності протеїнів, обраних для тестування.

№	Протеїн	Поживна цінність	Оцінка
1	Dymatize Nutrition, ISO-100	Висока	91,12
2	BioTech USA, 100% Pure Whey	Висока	91,05
3	Optimum Nutrition, Platinum Hydro Whey	Висока	90,69
4	Scitec Nutrition, 100% Whey Protein Professional	Достатня	77,86
5	BioTech USA, Iso Whey Zero	Достатня	72,08
6	Optimum Nutrition, 100% Whey Gold Standard	Достатня	71,41
7	OstroVit, Standard WPC80.eu	Достатня	70,14
8	Myprotein, Impact Whey Protein	Достатня	69,85
9	Rule One, (R1) Whey Blend	Низька	30,93
10	BSN, Syntha-6	Недостатня	8,76

Отже, згідно результатів з таблиці 3.3, протеїном з найвищою поживною цінністю став ISO-100 від Dymatize Nutrition, з оцінкою 91,12%. Що пояснюється високою кількістю білка у протеїні (78,1 г на 100 г суміші), високим рівнем очищення – гідролізат, найнижчим показником енергетичної цінності (всього 356,3 ккал на 100 г суміші), найнижчим показником кількості жирів (всього 2,1 г на 100 г суміші) та найнижчим показником кількості вуглеводів (всього 3,4 г на 100 г суміші).

Найгірший результат у Syntha-6 від BSN – 8,76%. Це пояснюється найнижчою кількістю білка у протеїні (46,8 г на 100 г суміші, тобто білка у суміші менше ніж 50%, що вже дає причину не визначати даний продукт спортивного харчування, як протеїн), середнім рівнем очищення – концентрат, найвищим показником енергетичної цінності (425 ккал на 100 г суміші), найвищим показником кількості жирів (12,7 г на 100 г суміші) та найвищим показником кількості вуглеводів (29,8 г на 100 г суміші). Тобто, Syntha-6 від BSN, як продукт спортивного харчування, хоч і позиціонується на ринку, як протеїн, але насправді є чимось середнім між білковими сумішами (протеїнами) та вуглеводними сумішами (гейнерами).

Якщо проаналізувати результати визначення поживної цінності протеїнів – то можливо зробити висновок про те, що система коректно та адекватно оцінює поживну цінність протеїнів, згідно інформації наданої у розділі 3.3 та даних з таблиці 3.4.

Далі розглянемо детальніше результати визначення вигідності придбання протеїну. На визначення впливають три основні фактори: поживна цінність протеїну, ціна та бюджет користувача на придбання. Оскільки поживна цінність протеїну досить рідко змінюється (виробники рідко, або не суттєво оновлюють склад продукту), найбільший вплив на динаміку зміни оцінки вигідності придбання мають саме ціна та бюджет. Тому протеїн, який в цьому місяці став найвигіднішим для придбання, може не бути таким у наступному місяці. Також може бути, що протеїн із нижчою поживною цінністю буде вище за результатами протеїну із кращою поживною цінністю, за рахунок значно нижчої ціни та не

високого бюджету користувача на покупку. Результати визначення вигідності придбання протеїнів по трьох різних бюджетах наведено у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати визначення вигідності придбання протеїнів по трьох різних бюджетах (2400 грн., 2950 грн. та 3480 грн.).

Протеїн \ Показники	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Поживна цінність протеїну	69,85 (SNV)	30,93 (LNV)	8,76 (INV)	70,14 (SNV)	77,86 (SNV)	91,05 (HNV)	71,41 (SNV)	72,08 (SNV)	91,12 (HNV)	90,69 (HNV)
Середня ціна, грн. (Станом на жовтень 2023р)	2550	2680	3120	2240	2860	2440	2960	3180	4640	4850
Бюджет №1 2400 грн. на покупку протеїну	66,98 (PP)	30,00 (NRP)	9,49 (NCP)	70,15 (PP)	53,13 (RP)	70,72 (PP)	49,88 (RP)	30,75 (NRP)	50,68 (RP)	50,21 (RP)
Бюджет №2 2950 грн. на покупку протеїну	70,06 (PP)	30,00 (NRP)	9,73 (NCP)	72,67 (PP)	70,35 (PP)	91,23 (VPP)	70,78 (PP)	60,93 (PP)	50,74 (RP)	50,16 (RP)
Бюджет №2 3480 грн. на покупку протеїну	85,63 (VPP)	30,63 (NRP)	10,00 (NCP)	91,23 (VPP)	72,62 (PP)	90,73 (VPP)	70,13 (PP)	70,76 (PP)	50,92 (RP)	50,38 (RP)

На рисунку 3.29 відображено роз'яснення умовних кольорових позначень та абревіатур, використаних в таблиці 3.5.

<b>(INV)</b>	Недостатній рівень поживної цінності (Insufficient nutritional value - INV)
<b>(LNV)</b>	Низький рівень поживної цінності (Low nutritional value - LNV)
<b>(ANV)</b>	Прийнятний рівень поживної цінності (Acceptable nutritional value - ANV)
<b>(SNV)</b>	Достатній рівень поживної цінності (Sufficient nutritional value - SNV)
<b>(HNV)</b>	Високий рівень поживної цінності (High nutritional value - HNV)
<b>(NCP)</b>	Не розглядати для покупки (Not considered for purchase - NCP)
<b>(NRP)</b>	Не рекомендовано для покупки (Not recommended for purchase - NRP)
<b>(RP)</b>	Рекомендовано для покупки (Recommended for purchase - RP)
<b>(PP)</b>	Вигідна покупка (Profitable purchase - PP)
<b>(VPP)</b>	Дуже вигідна покупка (Very profitable purchase - VPP)

Рисунок 3.29 – Роз'яснення умовних кольорових позначень та абревіатур, використаних в таблиці 3.5

Результати визначення вигідності придбання протеїнів, що наведені в таблиці 3.5, відображають зміну вигідності в залежності від бюджету користувача. Так, зі збільшенням бюджету, спостерігається збільшення вигідності покупки протеїнів. Але потрібно відзначити, що два протеїни з високою поживною цінністю (протеїни з рівнем очищення – гідролізат) з підвищенням бюджету не суттєво збільшували вигідність покупки, оскільки вони мають досить високу ціну. Також протеїни з недостатнім та низьким рівнем поживної цінності, з підвищенням бюджету не суттєво збільшували вигідність покупки. Основні зміни відбувались між протеїнами, що мають прийнятний, достатній та високий рівень поживної цінності та не високу ціну. Це вказує на те, що система адекватно та коректно визначає вигідність покупки протеїнів.

Для того, щоб оцінити ефективність роботи розробленої нечіткої інтелектуальної системи потрібно порівняти отримані результати з результатами роботи програм-аналогів, які використовували таку ж саму тестову вибірку. В якості програм-аналогів, які мають схожий функціонал та виконують подібні задачі віднесемо наступні:

- ExRx (calculator and product comparison) [30];
- My Food Data [31];
- nutritionvalue.org [32];
- My Fitness Pal [33];
- food-compare.com [34].

Далі створимо тестові сценарії, які відображають типові проблемні задачі, які можуть виникнути у користувачів застосунків і програм для створення та корегування раціону. У кожному сценарії буде 3 варіації бюджету, тому кількість тестувань проведених в розрахунку на один застосунок, або програму складе – 12. Загальна кількість тестувань, яку повинен буде здійснити один експерт – 72, оскільки ми розглядаємо 6 різних програм та застосунків. Беручи до уваги, що буде залучено 6 різних експертів для проведення тестування – загальна кількість усіх тестувань складе – 432. Перейдемо до опису тестових сценаріїв.

Тестовий сценарій 1. Користувач: test\_user1, чоловік, 37 років, зріст – 178 см, вага – 85 кг, добова калорійність раціону – 2216 ккал, білки – 110 г, вуглеводи – 219 г, жири – 39 г. Користувач зменшує вагу тіла, тому використовує раціон з дефіцитом калорій. Також активно тренується 5 разів на тиждень і не має бажання підвищувати калорійність раціону завдяки звичайній їжі. Ввівши свої антропометричні дані, програма виявила дефіцит 43 г білка у добовому раціоні користувача. Тому єдиною ефективною рекомендацією буде додати дефіцитні 43 г білка з низькокалорійного спортивного харчування, зокрема використовуючи протеїн. Потрібно надати рекомендацію щодо купівлі найвигіднішого протеїну, від різних виробників, враховуючи три різні бюджети: 2400, 2950, 3480 грн.

Тестовий сценарій 2. Користувач: test\_user2, жінка, 23 роки, зріст – 171 см, вага – 51 кг, добова калорійність раціону – 1943 ккал, білки – 82 г, вуглеводи – 226 г, жири – 37 г. Користувач збільшує м'язову масу, тому використовує раціон з профіцитом калорій і тренується 3 рази на тиждень. Ввівши свої антропометричні дані, програма виявила дефіцит 21 г білка у добовому раціоні користувача. Ефективною рекомендацією буде додати до раціону білковий продукт, можливо з високою калорійністю. Користувач з усіх варіантів білкових продуктів обрав молоко. Потрібно надати рекомендацію щодо купівлі найбільш поживного та найвигіднішого варіанту молока від різних виробників, враховуючи три різні бюджети на покупку: 34, 46, 62 грн.

Тестовий сценарій 3. Користувач: test\_user3, чоловік, 26 років, зріст – 183 см, вага – 71 кг, добова калорійність раціону 2249 ккал, білки – 141 г, вуглеводи – 184 г, жири – 55 г. Користувач збільшує м'язову масу, тому використовує раціон з профіцитом калорій і тренується 3 рази на тиждень. Ввівши свої антропометричні дані, програма виявила дефіцит 85 г вуглеводів та необхідність збільшити добову калорійність раціону мінімум на 307 ккал. Ефективною рекомендацією буде додати до раціону вуглеводний продукт, щоб покрити дефіцит калорій та вуглеводів. Користувач з усіх рекомендованих варіантів вуглеводних продуктів обрав рис. Потрібно надати рекомендацію щодо купівлі

найбільш поживного та найвигіднішого варіанту рису від різних виробників, враховуючи три різні бюджети на покупку: 40, 70, 120 грн.

Тестовий сценарій 4. Користувач: test\_user4, жінка, 48 років, зріст – 167 см, вага – 63 кг, добова калорійність раціону – 1575 ккал, білки – 92 г, вуглеводи – 159 г, жири – 19 г. Користувач підтримує сталу вагу тіла, тому використовує енергетично збалансований раціон по калорійності і легко тренується 2 рази на тиждень для підтримання тону м'язів. Ввівши свої антропометричні дані, програма виявила дефіцит жирів у розмірі 7 г. Ефективною рекомендацією буде додати до раціону продукти, що будуть містити поліненасичені жирні кислоти рослинного походження, щоб покрити дефіцит жирів у добовому раціоні. Користувач з усіх рекомендованих варіантів продуктів обрав оливкову олію. Потрібно надати рекомендацію щодо купівлі найбільш поживного та найвигіднішого варіанту оливкової олії від різних виробників, враховуючи три різні бюджети на покупку: 90, 140, 230 грн. Вся необхідна для проведення тестувань інформація наведена у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Зведена інформативна таблиця по всіх тестових сценаріях

Інформація:	Тестовий сценарій 1	Тестовий сценарій 2	Тестовий сценарій 3	Тестовий сценарій 4
Користувач	test user1	test user2	test user3	test user4
Стать	чоловік	жінка	чоловік	жінка
Зріст, см.	178	171	183	167
Вага, кг.	85	51	71	63
Калорійність раціону, ккал	2216	1943	2249	1575
Білки, г	110	82	141	92
Жири, г	39	37	55	19
Вуглеводи, г	219	226	184	159
Ціль раціону	Зменшення маси тіла	Збільшення м'язової маси	Збільшення м'язової маси	Тонус м'язів, збереження сталої маси тіла
Кількість тренувань	5	3	3	2
Основна проблема, яку необхідно вирішити	Дефіцит 43 г білка	Дефіцит 21 г білка	дефіцит 85 г вуглеводів та необхідність збільшити калорійність раціону мінімум на 307 ккал	Дефіцит 7 г жирів.

## Продовження таблиці 3.6

Продукт/товар, що потрібно додати в раціон	Протеїн (спортивне харчування)	Молоко	Рис	Оливкова олія
Бюджет на купівлю №1, грн.	2400	34	40	90
Бюджет на купівлю №2, грн.	2950	46	70	140
Бюджет на купівлю №3, грн.	3480	62	120	230

Для проведення тестування було залучено шість незалежних експертів. Детальна інформація наведена у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Незалежні експерти, залучені для проведення тестування

№	Експерт	Посада	Місце роботи
1	Романенко Ольга Василівна	Лікар гастроентеролог, дієтолог	Санаторне відділення Військово-медичного клінічного центру
2	Ковель Леся Павлівна	Нутриціолог	Медичний центр «Радамед»
3	Трембій Дмитро Андрійович	Дієтолог	Освітньо-консультаційний центр Center of Dietology
4	Zuzana Vystejnova	Medical Author	emedicinehealth.com
5	Ihor Mischenko	Nutritionist	bodybuilding.com
6	Martin Bartosz	Dietologist	University Hospital Krakow

Експерти визначили набір якісних параметрів, які дозволяють оцінки результатів роботи програм та застосунків для всіх тестових сценаріїв. Було отримано наступний перелік з десяти параметрів оцінювання:

- здатність визначити загальну калорійність раціону за антропометричними даними користувача;
- здатність надати рекомендації щодо корегування раціону;
- здатність визначити кількість необхідних макро- та мікронутрієнтів в залежності від антропометричних даних користувача;
- здатність визначити поживну цінність товару/продукту;
- здатність врахувати бюджет користувача при виборі товару/продукту;
- здатність додати або відредагувати необхідний товар/продукт;
- здатність провести порівняння товару/продуктів між собою;



- можливість отримати рекомендацію, щодо альтернативи для певного товару/продукту;
- здатність врахувати вікові особливості, при наданні рекомендацій щодо певного товару/продукту;
- здатність врахувати статеві особливості, при наданні рекомендацій щодо певного товару/продукту.

Далі кожен експерт провів тестування усіх тестових сценаріїв, використовуючи розроблену нечітку інтелектуальну систему та програми-аналоги. Результати роботи були оцінені за 10-бальною, де 1 – вказує на неправдивість, не коректність, або відсутність інформації, а 10 – максимально повну, корисну і перевірену інформацію, по кожному якісному параметру. В таблиці 3.8 наведено результати оцінювання 1-го тестового сценарію при бюджеті 2400 грн, використовуючи розроблену нечітку інтелектуальну систему.

Таблиця 3.8 – Результати оцінювання 1-го тестового сценарію при бюджеті 2400 грн, використовуючи розроблену нечітку інтелектуальну систему

Параметри:	Експерти						Середня оцінка параметра
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	6-й	
Здатність визначити загальну калорійність раціону за антропометричними даними користувача	8	9	8	8	9	9	8,5
Здатність надати рекомендації щодо корегування раціону	9	7	8	9	8	8	8,17
Здатність визначити кількість необхідних макро- та мікронутрієнтів в залежності від антропометричних даних користувача	8	7	8	7	8	9	7,83
Здатність визначити поживну цінність товару/продукту	10	9	10	8	9	10	9,33
Здатність врахувати бюджет користувача при виборі товару/продукту	9	9	7	8	9	8	8,33
Здатність додати або відредагувати необхідний товар/продукт	10	9	10	10	9	9	9,5
Здатність провести порівняння товару/продуктів між собою	10	9	8	10	8	10	9,17
Можливість отримати рекомендацію, щодо альтернативи для певного товару/продукту	7	8	9	8	7	8	7,83

## Продовження таблиці 3.8

Здатність врахувати вікові особливості, при наданні рекомендацій щодо певного товару/продукту	9	9	8	9	9	8	8,67
Здатність врахувати статеві особливості, при наданні рекомендацій щодо певного товару/продукту	9	9	8	9	9	8	8,67
Середня оцінка експерта	8,9	8,5	8,4	8,6	8,5	8,7	
Узагальнена оцінка якості результату	8,6						

За результатами оцінювання 1-го тестового сценарію при бюджеті 2400 грн, використовуючи розроблену нечітку інтелектуальну систему, експертами вдалось визначити якість надання рекомендацій у розмірі 86%. Далі аналогічним способом розраховуються інші 431 тестові випадки. Зведемо усі отримані результати тестувань у таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Зведені результати тестувань за якістю надання рекомендацій

Назва тестового сценарію	Бюджет, грн.	Програми та застосунки					
		Розроблена нечітка IC	ExRx	My Food Data	nutrition value.org	My Fitness Pal	food-compare.com
		Якість надання рекомендацій:					
Тестовий сценарій 1	2400	86%	67%	64%	53%	71%	52%
	2950	88%	74%	62%	51%	73%	50%
	3480	91%	69%	61%	46%	77%	49%
Тестовий сценарій 2	34	88%	51%	69%	53%	78%	52%
	46	84%	56%	68%	58%	75%	58%
	62	87%	54%	68%	57%	81%	57%
Тестовий сценарій 3	40	87%	34%	72%	66%	78%	46%
	70	84%	27%	68%	69%	79%	46%
	120	86%	29%	70%	63%	79%	44%
Тестовий сценарій 4	90	85%	41%	71%	67%	81%	57%
	140	85%	32%	73%	67%	79%	55%
	230	84%	27%	71%	71%	82%	60%
Узагальнена якість надання рекомендацій		86,25%	46,75%	68,08%	60,08%	77,75%	52,17%

Отже, за результатами проведення повного тестування усіх тестових випадків було визначено, що розроблена нечітка інтелектуальна система має найвищу якість надання рекомендацій з-поміж інших програм-аналогів. У таблиці 3.10 відображено різницю якості надання рекомендацій відносно кожної програми-аналога.

Таблиця 3.10 – Порівняння якості надання рекомендацій відносно програм-аналогів

№	Програми та застосунки	Якість надання рекомендацій	Зміна якості, $\Delta$
1	Розроблена нечітка інтелектуальна система	86,25%	–
2	My Fitness Pal	77,75%	- 8,5 % ↓
3	My Food Data	68,08%	- 18,17 % ↓
4	nutritionvalue.org	60,08%	- 26,17 % ↓
5	food-compare.com	52,17%	- 34,08 % ↓
6	ExRx	46,75%	- 39,05 % ↓

На основі результатів проведених досліджень і тестувань, можливо стверджувати, що розроблена нечітка інтелектуальна система надає на 8,5% якісніші рекомендації, ніж найближчий конкурент, застосунок My Fitness Pal.

### 3.5 Висновок до розділу 3

Завдяки результатам, що були отримані в ході досліджень, була розроблена база знань нечіткої інтелектуальної системи. Побудовано динамічно зв'язану бібліотеку, яка містить реалізацію дерева нечіткого логічного виведення для вибору протеїну. Бібліотека інкапсулює функції середовища MATLAB та файли систем нечіткого логічного виведення, що здійснюють поетапний виклик системи нечіткого логічного виведення згідно з відповідним етапом дерева логічного виведення. На рівні бізнес-логіки додано сервіс, який використовує

розроблену нечітку систему логічного виведення та містить методи оцінки поживної цінності протеїну і отримання рекомендації щодо її покупки.

Аналіз результатів тестування було проведено з 10 найпопулярнішими протеїнами, які пройшли міжнародну сертифікацію та представлені на ринку спортивного харчування України за жовтень 2023 року. Результати визначення поживної цінності протеїнів показали, що нечітка інтелектуальна система коректно та адекватно оцінює загальну поживну цінність протеїнів, з урахуванням кількості білків, жирів та вуглеводів у суміші, рівня очищення білка та енергетичної цінності.

Проаналізовано результати визначення вигідності придбання протеїну на основі трьох основних факторів: поживна цінність протеїну, ціна та бюджет користувача на придбання. Встановлено, що поживна цінність протеїну досить рідко змінюється тому, найбільший вплив на динаміку зміни оцінки вигідності придбання мають саме ціна та бюджет. Проведено тестування вигідності придбання протеїнів, що були рекомендовані системою, в залежності від бюджету користувача. В результаті було визначено, що система адекватно та коректно оцінює вигідність покупки протеїнів.

Також було проведено тестування якості надання рекомендацій. Були сформовані тестові сценарії та визначено основні програми-аналоги. Оцінивши результати тестування, експерти дійшли висновку, що розроблена нечітка інтелектуальна система надає на 8,5% якісніші рекомендації, ніж найближчий конкурент, застосунок My Fitness Pal, на 18,17% якісніші рекомендації, ніж My Food Data, на 26,17% якісніші рекомендації, ніж nutritionvalue.org, на 34,08% якісніші рекомендації, ніж food-compare.com та на 39,05% якісніші рекомендації, ніж ExRx.

## 4 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ КЛІЄНТСЬКОЇ ЧАСТИНИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ

### 4.1 Обґрунтування вибору засобів розробки клієнтської частини

Клієнтською частиною програмного забезпечення (Frontend) називають публічну частину веб-застосунків з якою користувач може взаємодіяти і контактувати напямую. У Frontend входить відображення функціональних завдань призначеного для користувача інтерфейсу, що виконуються на стороні клієнта, а також обробка запитів користувачів. По суті, Frontend – це все те, що бачить користувач при відкритті веб-сторінки.

Мета клієнтської частини – забезпечити зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувачів, забезпечити їхню взаємодію із застосунком, валідацію введених даних тощо.

HTML – основна мова розмітки для веб-сторінок, що використовується для організації та структуризації контенту на сторінці. HTML визначає різні елементи, такі як таблиці, параграфи, заголовки, списки, посилання та інші і дозволяє розміщувати на них різні типи контенту.

CSS широко використовується для управління стилем та зовнішнім виглядом веб-сторінок, дозволяючи змінювати такі параметри, як кольори, шрифти, розташування елементів та багато іншого. Взаємодія CSS з HTML відбувається за допомогою відповідних селекторів і правил стилізації.

JavaScript – це мова програмування, призначена для створення динамічних та інтерактивних елементів на веб-сторінках. Вона дозволяє обробляти події, виконувати асинхронні запити до сервера, змінювати вміст сторінки, створювати анімацію та виконувати інші завдання.

Рівень та масштаб розвитку технологій, які використовуються для розробки клієнтської частини застосунків, невпинно зростає з кожним роком. Наслідком цього є накопичення значного обсягу готових, перевірених рішень, які

можуть значно спростити процес розробки. Фреймворк клієнтської частини – це заздалегідь структурований набір інструментів, бібліотек та компонентів для розробки веб-застосунків. Основна його мета – спростити та полегшити процес створення інтерфейсів для користувача. На сьогодні, Vue.js, React та Angular – одні з найпопулярніших веб-фреймворків, які використовуються для розробки більшості сучасних застосунків. У кожного з них є свої унікальні особливості та характерні підходи до розробки. Для того, щоб здійснити обґрунтований вибір фреймворку, проведемо їх порівняння, у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняння фреймворків Angular, React.js та Vue.js

Критерії	Vue.js	React	Angular
Мова програмування	JavaScript	JavaScript	TypeScript
Види компонентів	Функціональні та класові компоненти	Функціональні та класові компоненти	Компоненти з шаблонами
Екосистема	Розширювана екосистема з плагінами	Широкий вибір сторонніх бібліотек та інструментів	Вбудована платформа Angular з великою кількістю функціоналу
Підтримка	Активна спільнота, підтримка Vue.js Core Team	Велика та активна спільнота	Велика та активна спільнота, офіційна підтримка від Google
Використання	Використовується в невеликих та середніх проектах	Широко застосовується в індустрії	Широко використовується в корпоративному середовищі
Продуктивність	Швидкий рендеринг та висока продуктивність	Швидкий рендеринг та оновлення	Швидкий рендеринг, але вимагає більше ресурсів
Компонентна архітектура	Так	Так	Так
Віртуальний DOM	Так	Так	Так
Використання великих проектів	Так	Так	Так

За результатами порівняльного аналізу для розробки клієнтської Frontend частини веб-застосунку був обраний – Angular. У даного фреймворка є наступні суттєві переваги:

- використовує TypeScript, що є строго типізованою версією JavaScript. TypeScript може полегшити виявлення помилок і поліпшити роботу з кодом на етапі розробки;
- зручно та легко інтегрується з інтегрованим середовищем розробки Visual Studio Code;
- включає в себе багато готових функцій, таких як маршрутизація, HTTP-запити, форми та інші;
- має велику спільноту та підтримку Google, що може бути важливо для отримання підтримки та розв'язання проблем;
- надає широкі можливості для створення інтерактивного інтерфейсу користувача, керування станом додатку, маршрутизації та багато іншого.

Загальна архітектура фреймворку Angular представлена на рисунку 4.1

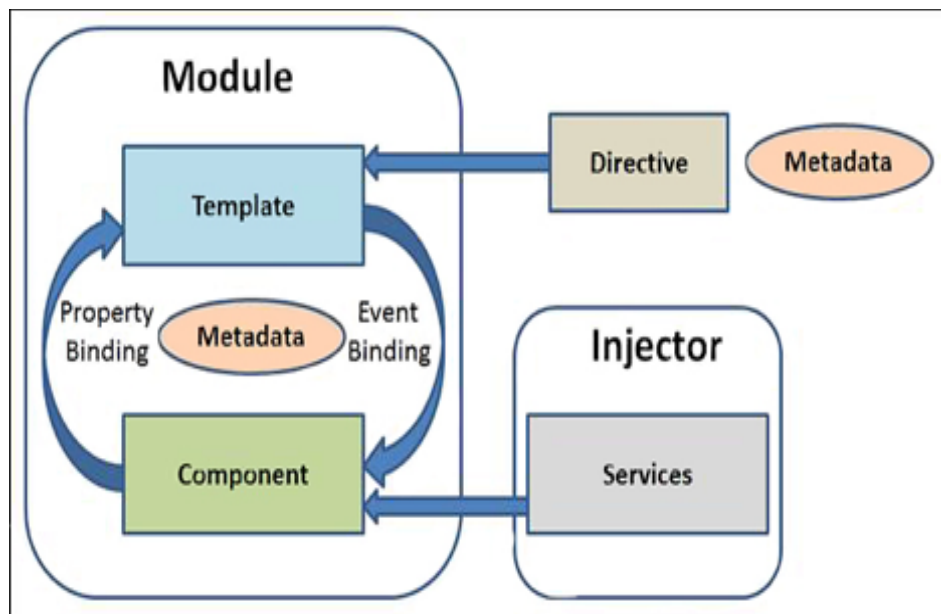


Рисунок 4.1 – Архітектура фреймворку Angular

## 4.2 Розробка клієнтської частини застосунку

Розробка програмного коду буде вестися у IDE (інтегроване середовище розробки) Visual Studio Code. Це полегшує розробку, надаючи розробнику такі інструменти, як автодоповнення коду, навігацію по коду, аналіз коду на синтаксичні помилки, інтеграцію з системою контролю версій. Для створення клієнтської частини застосунку на Angular необхідно встановити серверне середовище Node.js. це дозволить виконувати JavaScript-код поза браузером, що дозволяє розширити можливості мови JavaScript на серверному рівні. Node.js включає в себе API для роботи з файловою системою, доступу до бази даних, очікування та обробки запитів HTTP. Node.js має значний набір пакетів (модулів), які можна встановити за допомогою менеджера пакетів npm (Node Package Manager). Ці пакети надають змогу розширити можливості Node.js та полегшити розробку додатків, включаючи веб-сервери, API, та багато іншого. NPM дозволяє легко встановлювати, оновлювати і керувати залежностями пакетів, які використовуються у проекті. Для створення нового проекту Angular, скористаємось інструментом Angular CLI, який надає інтерфейс командного рядка для керування проектом, написаним на Angular. Angular CLI включає в себе набір команд для управління проектом, до основних команд можемо віднести наступні:

- `ng new` – створити новий проект Angular;
- `ng serve` – запустити проект на локальній машині;
- `ng build` – компілює застосунок Angular;
- `ng update` – оновлює локальні пакети до останньої версії;
- `ng version` – виводить інформацію про поточну версію Angular CLI;
- `ng g component` – створює новий компонент;
- `ng g module` – створює новий модуль у програмі;
- `ng g service` – створює новий сервіс.

Виклик команди `ng new` у терміналі призведе до створення нового проекту в поточній директорії. Для створення проекту потрібно вказати його назву,



обрати формат каскадних таблиць стилів та вибрати опцію маршрутизації Angular веб-застосунку. Після цього у поточній директорії буде створена папка з назвою, яка була вказана раніше. Структура нового проекту зображена на рисунках 4.2 та 4.3.

```
PS E:\> ng new angular-project
? Would you like to add Angular routing? Yes
? Which stylesheet format would you like to use? SCSS [ http://sass-lang.com/documentation/file.SASS_REFERENCE.html#syntax ]
CREATE angular-project/angular.json (3976 bytes)
CREATE angular-project/package.json (1314 bytes)
CREATE angular-project/README.md (1031 bytes)
CREATE angular-project/tsconfig.json (435 bytes)
CREATE angular-project/tslint.json (1621 bytes)
CREATE angular-project/.editorconfig (246 bytes)
CREATE angular-project/.gitignore (629 bytes)
CREATE angular-project/src/favicon.ico (5430 bytes)
CREATE angular-project/src/index.html (301 bytes)
CREATE angular-project/src/main.ts (372 bytes)
CREATE angular-project/src/polyfills.ts (2841 bytes)
CREATE angular-project/src/styles.scss (80 bytes)
CREATE angular-project/src/test.ts (642 bytes)
CREATE angular-project/src/browserslist (388 bytes)
CREATE angular-project/src/karma.conf.js (1028 bytes)
CREATE angular-project/src/tsconfig.app.json (166 bytes)
CREATE angular-project/src/tsconfig.spec.json (256 bytes)
CREATE angular-project/src/tslint.json (244 bytes)
CREATE angular-project/src/assets/.gitkeep (0 bytes)
CREATE angular-project/src/environments/environment.prod.ts (51 bytes)
CREATE angular-project/src/environments/environment.ts (662 bytes)
CREATE angular-project/src/app/app-routing.module.ts (245 bytes)
CREATE angular-project/src/app/app.module.ts (393 bytes)
CREATE angular-project/src/app/app.component.html (1152 bytes)
CREATE angular-project/src/app/app.component.spec.ts (1122 bytes)
CREATE angular-project/src/app/app.component.ts (220 bytes)
CREATE angular-project/src/app/app.component.scss (0 bytes)
CREATE angular-project/e2e/protractor.conf.js (752 bytes)
CREATE angular-project/e2e/tsconfig.e2e.json (213 bytes)
CREATE angular-project/e2e/src/app.e2e-spec.ts (644 bytes)
CREATE angular-project/e2e/src/app.po.ts (251 bytes)
```

Рисунок 4.2 – Створена структура нового проекту в Angular (вигляд терміналу)

Новий проект містить усі необхідні конфігураційні файли та кореневий модуль програми. Після налаштування всі пакети, що вказані у файлі `package.json` – будуть встановлені. Нижче подано перелік основних пакетів, які використовуються у застосунку Angular:

- `@angular/core` – найважливіший пакет, який включає основу Angular і його найбільш загальні елементи, такі як директиви та компоненти;
- `@angular/common` – цей пакет містить визначення всіх директив, служб і фільтрів, вбудованих в Angular, разом з відповідними класами;
- `@angular/compiler` – відповідає за компіляцію HTML-шаблонів в код, який дозволяє відобразити призначений для користувача інтерфейс програми;
- `@angular/platform-browser` – містить класи та функції, необхідні для компонування і взаємодії з моделлю DOM в контексті веб-браузера;

- @angular/platform-browser-dynamic – надає функцію завантаження, необхідну для ініціалізації додатків під час розробки;
- @angular/http – це HTTP-клієнт Angular, який дозволяє виконувати асинхронні запити до сервера;
- @angular/router – це вбудований в Angular маршрутизатор, що відповідає за навігацію застосунку.

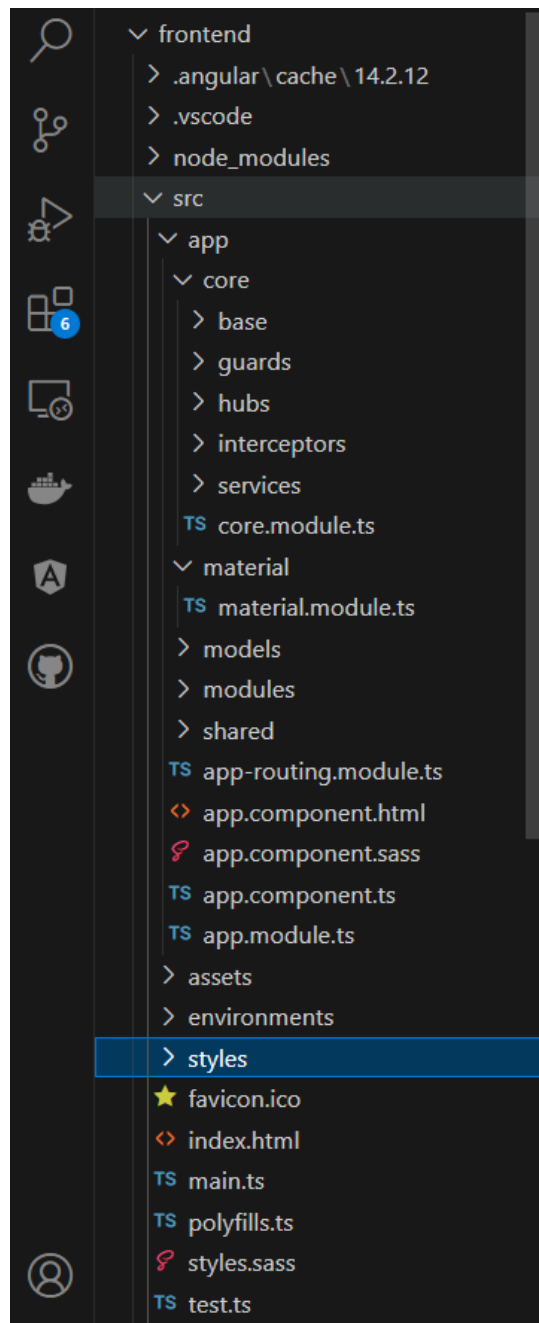


Рисунок 4.3 – Створена структура нового проекту в Angular (вигляд у Visual Studio Code)

Структура клієнтської частини організована наступним чином:

- клієнтська частина була організована за допомогою модулів. Кожен модуль включає компоненти, директиви, сервіси та інші функціональні блоки, які співпрацюють між собою;
- компоненти є основними будівельними блоками клієнтської частини. Кожен компонент відповідає за відображення та управління певною частиною інтерфейсу користувача. Вони можуть містити шаблони, стилі та логіку, необхідні для взаємодії з користувачем;
- сервіси використовуються для реалізації загальної логіки, яка не прив'язана до конкретного компоненту. Вони можуть надавати функції для отримання або збереження даних, роботи зі зовнішніми сервісами або реалізації додаткової функціональності;
- директиви використовуються для зміни поведінки або вигляду DOM-елементів. Вони можуть додавати додаткові функції, включати анімацію, забезпечувати валідацію форм та інші маніпуляції з DOM [26];
- маршрутизація в Angular дозволяє переходити між різними сторінками або компонентами, забезпечуючи навігацію в додатку. Вона використовується для визначення шляхів URL та відповідних компонентів, які будуть відображені;
- Angular Material – це набір готових компонентів та стилів, розроблений командою Angular. Він надає готові рішення для розмітки, кнопок, форм, таблиць та багатьох інших елементів інтерфейсу користувача. Використання Angular Material спрощує створення сучасного та стилізованого інтерфейсу;
- Ng2-Forms – це модуль Angular, який надає засоби для роботи з формами. Він містить компоненти, директиви та сервіси, які допомагають керувати введенням даних, валідацією та взаємодією з формами на стороні клієнта;
- HTTP Client (HTTP клієнт). Angular надає модуль HttpClient для взаємодії з сервером по протоколу HTTP. Це дозволяє отримувати та відправляти дані з сервера, реалізовувати асинхронні запити та обробляти результати.

З ціллю оптимізації та уникнення дублювання коду, при розробці використовується `BaseComponent`. У `BaseComponent` можна помістити такий функціонал, як логування помилок або інших подій, які є спільними для всіх компонентів, наприклад, навігація. Це зменшить розмір коду основних компонентів. Приклад створеного `BaseComponent` показано на рисунку 4.4.



```

TS base.component.ts ×
frontend > src > app > core > base > TS base.component.ts > ...
1  import { Component, OnDestroy } from '@angular/core';
2  import { Subject } from 'rxjs';
3
4  @Component({
5      selector: 'app-base',
6      template: '',
7  })
8  export class BaseComponent implements OnDestroy {
9      protected unsubscribe$ = new Subject<void>();
10
11     ngOnDestroy() {
12         this.unsubscribe$.next();
13         this.unsubscribe$.complete();
14     }
15 }
16

```

Рисунок 4.4 – Приклад створення `BaseComponent` у застосунку

Продемонструємо можливості та переваги `BaseComponent` в Angular на прикладі реалізації такого компоненту, як вхід у особистий кабінет. Створимо компонент форми логіну, в якому використано успадкування від базового компоненту, що продемонстровано на рисунку 4.5 та 4.6.

Дана реалізація опирається на абстрактні або доступні для нащадків методи, які можна перевизначити у дочірніх компонентах для того, щоб задати свою логіку. Підхід з використанням наслідування досить зручний в ситуаціях, коли багато коду повторюється для всіх компонентів і ніколи не виникне ситуації, коли компоненту потрібно буде унаслідуватися ще від когось, окрім базового класу. Коли рішення було прийняте в бік базового класу, слід пам'ятати, щоб тримати його настільки простим, наскільки це можливо.

```

TS base.component.ts | TS login.component.ts •
frontend > src > app > modules > authentication > login > TS login.component.ts > LoginComponent > constructor
1  import { Component, OnInit } from '@angular/core';
2  import { FormBuilder, FormGroup, Validators } from '@angular/forms';
3  import { Router } from '@angular/router';
4  import { BaseComponent } from '@core/base/base.component';
5  import { AuthService } from '@core/services/auth.service';
6  import { NotificationService } from '@core/services/notification.service';
7  import { SpinnerService } from '@core/services/spinner.service';
8  import { ValidationsFn } from '@shared/helpers/validations-fn';
9  import { takeUntil } from 'rxjs';
10
11  import { UserLoginDto } from 'src/app/models/user/user-login-dto';
12
13  @Component({
14    selector: 'app-login',
15    templateUrl: './login.component.html',
16    styleUrls: ['./login.component.sass'],
17  })
18  export class LoginComponent extends BaseComponent implements OnInit {
19    public loginForm: FormGroup = new FormGroup({});
20
21    constructor(
22      private fb: FormBuilder,
23      private authService: AuthService,
24      private notificationService: NotificationService,
25      private router: Router,
26      private spinner: SpinnerService,
27    ) {
28      super();
29    }
30
31    ngOnInit(): void {
32      this.initializeForm();
33    }

```

Рисунок 4.5 – Компонент логіну, в якому використано успадкування від базового компоненту (частина 1)

```

35  public login() {
36    this.spinner.show();
37    const user: UserLoginDto = this.loginForm.value;
38
39    this.authService
40      .login(user)
41      .pipe(takeUntil(this.unsubscribe$))
42      .subscribe({
43        next: () => this.router.navigateByUrl('/main'),
44        error: (err) => {
45          this.spinner.hide();
46          this.notificationService.error(err.message);
47        },
48      });
49  }
50
51  private initializeForm() {
52    this.loginForm = this.fb.group({
53      email: [
54        '',
55        [Validators.required, Validators.minLength(5), Validators.maxLength(50), ValidationsFn.emailMatch()],
56      ],
57      password: ['', [Validators.required, Validators.minLength(6), Validators.maxLength(25)]],
58    });
59  }
60  }
61

```

Рисунок 4.6 – Компонент логіну, в якому використано успадкування від базового компоненту (частина 2)

Базовий компонент може містити загальну логіку, методи, властивості, шаблони і стилі, які використовуються у багатьох інших компонентах застосунку. Це дозволяє уникнути дублювання коду і сприяє підтримці спільної функціональності.

В Angular, шаблони компонентів написані мовою HTML, але є розширеними за допомогою спеціальних директив та виразів Angular. HTML-код у Angular шаблонах може містити стандартні HTML-теги, а також спеціальні конструкції Angular для роботи з даними, подіями та іншими аспектами фреймворку. На рисунку 4.7 показано HTML-код компоненту логіну в Angular.

Для роботи зі стилями, при розробці застосунку в Angular, використовуємо Sass. Sass (Syntactically Awesome Stylesheets) - це метамовна мова розширення для CSS, яка додає багато корисних функцій і можливостей для покращення роботи з стилями. У Angular використовується Sass для написання стилів компонентів. Взаємодія Sass і Angular дозволяє створювати більш підтримувані, структуровані та динамічні стилі.

```

1 <div class="login-container">
2   <div class="login-content">
3     <h4>Sign In</h4>
4
5     <div class="additional-sing-in">
6       <app-google-button authType="signin_with"></app-google-button>
7     </div>
8
9     <app-barrier [text]="or"></app-barrier>
10
11     <form class="login-form" (ngSubmit)="loginForm.valid && login()">
12       <app-input class="input email" [formControl]="$any(loginForm.controls['email'])" [label]="email"
13         | placeholder="Enter your Email">
14     </app-input>
15
16     <div class="input input-wrapper">
17       <app-input [formControl]="$any(loginForm.controls['password'])" [label]="password" [type]="password"
18         | placeholder="Enter your Password">
19     </app-input>
20   </div>
21
22   <app-button class="margin-top" [isDisabled]="loginForm.invalid" text="Sing In" variant="filled"
23     | width="100%">
24 </app-button>
25 </form>
26 </div>
27
28 <div class="login-footer margin-top">
29   No account? <a routerLink="/registration">Sign Up</a>
30 </div>
31 </div>
32

```

Рисунок 4.7 – HTML-код компоненту логіну в Angular

На рисунку 4.8 показано Sass-код компоненту логіну в Angular.

```

TS base.component.ts | TS login.component.ts | login.component.sass X
frontend > src > app > modules > authentication > login > login.component.sass
1  @import "/src/styles/color"
2  @import "/src/styles/reusable"
3  @import "/src/styles/weights"
4
5  .login-container
6    min-width: 305px
7    height: 100%
8    padding: 0 20%
9    @extend .flex-column
10   align-items: center
11   justify-content: center
12
13  .input
14    @extend .input-errors-padding
15
16  .login-content
17    width: 100%
18    min-width: 275px
19    max-width: 400px
20
21    h4
22      font-size: 24px
23      @extend .title
24
25  .additional-sing-in
26    @extend .flex-column
27    gap: 10px
28
29  .login-form
30    @extend .flex-column
31
32  .login-footer
33    margin-bottom: 20px
34    color: $text-light
35    font-size: 14px
36    font-weight: $normal-weight
37

```

Рисунок 4.8 – Sass-код компоненту логіну в Angular

Створення форм в Angular має кілька переваг, які роблять процес взаємодії з користувачем більш ефективним та зручним:

- *двостороннє зв'язування даних*. Angular використовує концепцію двостороннього зв'язування даних через директиву `ngModel`. Це дозволяє автоматично оновлювати дані в моделі при зміні на стороні користувача і навпаки;

- *можливості валідації.* Angular Forms Module надає вбудовані можливості валідації, які дозволяють визначати вимоги до даних, введених користувачем, також існує можливість створювати свої власні. До того ж, Angular надає можливість використовувати асинхронні валідатори, валідацію за допомогою реактивних форм та власні валідаційні функції;
- *реактивні форми.* Angular дозволяє використовувати реактивні форми. Реактивні форми надають більший контроль, можливості валідації на рівні коду та кращий підхід до обробки складних форм;

### 4.3 Тестування клієнтської частини застосунку та аналіз отриманих результатів

Перевіримо коректність роботи клієнтської частини розробленого застосунку. Створимо профіль користувача, що наведено в таблиці 4.2, для якого буде проведено тестування застосунку.

Таблиця 4.2 – Профіль користувача для тестування системи.

Поле	Значення
Ім'я користувача	test user - 1
Стать	Чоловік
Вік	28
Зріст	186 см
Вага	58 кг
Ціль	Збільшення м'язової маси тіла
Бажана кількість днів тренувань на тиждень	4
Медичні та інші обмеження	Відсутні

На рисунку 4.9 показано початкове вікно застосунку, де користувачу пропонується перейти до створення програми тренувань, визначити калорійність раціону або визначити індекс маси тіла. В ході тестування застосунку особливу увагу буде приділено саме створенню програми тренувань.





Рисунок 4.9 – Початкове вікно застосунку

Перед тим, як створити програму фізичних навантажень застосунку необхідно зібрати інформацію про користувача, що буде використовуватись в процесі створення програми тренувань. На рисунку 4.10 показано вікно опитування, яке дозволяє зібрати необхідні дані шляхом заповнення полів введення даних та вибору елементів з випадаючих меню.

Обов'язковими полями є:

- стать;
- вік;
- вага;
- зріст;
- ціль тренувань;

- бажана кількість днів тренувань на тиждень;
- тип місця проведення тренувань та наявне спорядження.

The screenshot shows the 'SmartFit Expert' user registration interface. At the top, there are navigation links: 'Створити програму тренувань', 'На Головну', and a user profile icon labeled 'test user1'. The main heading is 'Дайте відповіді на наступні запитання:'. Below this, there are input fields for 'Ім'я та прізвище' with values 'user1' and 'test'. A blue-bordered box contains the 'Обов'язково для заповнення:' section, which includes:
 

- Стать: Чоловік (dropdown)
- Вік: 28 (input)
- Вага: 58 (input), кг. (dropdown)
- Зріст: 186 (input), см. (dropdown)
- Ціль: Збільшення м'язової маси тіла (dropdown)
- Скільки днів на тиждень Ви хотіли б тренуватись?: 4 (dropdown)
- Оберіть тип місця проведення тренування та наявне спорядження (dropdown) with an 'Обрати' button.

 Below the blue box, there are more input fields:
 

- Бажана вага тіла: 80 (input), кг. (dropdown)
- Обхват талії: 54 (input), см. (dropdown)
- Обхват плечей: 78 (input), см. (dropdown)
- Медичні та інші обмеження: Відсутні (dropdown) with a 'впишіть інформацію' button.

 A large blue button at the bottom of the form says 'Скласти програму тренувань →'. The footer contains the 'SmartFit Expert' logo, user avatars for 'Шелестюк Богдан' and 'Шелестюк Максим', a Facebook icon, and contact information: 'ВінТУ, 2км-22ч, Курсовий проєкт, Технології створення експертних систем'.

Рисунок 4.10 – Вікно опитування для створення програми фізичних навантажень

Без заповнення обов'язкових полів застосунок не зможе створити коректну програму тренувань, а додаткові поля дозволяють уточнити індивідуальні особливості та потреби користувача. В результаті заповнення обов'язкової

інформації, кнопка «скласти програму тренувань» стає активною та при її натисканні відбувається перехід до сторінки створеної програми тренувань, що наведена на рисунках 4.11-4.13.

**SmartFit Expert** [Актуальна програма тренувань](#) [На Головну](#) [user1 test](#)  
Актуальна програма тренувань  
вийти з особистого кабінету

### Ваша актуальна програма тренувань [Редагувати програму](#)

**User1 Test**, враховуючи введені дані, для досягнення поставленої цілі фізичних навантажень, була складена програма тренувань:

**"Збільшення м'язової маси, 4 тренування"**<sup>(M-M-U1LB2HC-M-N)</sup>

**Початок програми:** 1 червня 2023р. ▾

Орієнтовна кількість тренувальних тижнів для досягнення цілі: **26**

Орієнтовна кількість тренувань необхідних для досягнення цілі: **104**

**Рекомендовано:**

- Збільшити добуву калорійність раціону до **2210 кКал**
- Налагодити стабільний режим сну та спати не менше **7 годин**
- Намагатись притримуватись програми тренувань. Тренуватись в ті ж самі дні тижня та приблизно в той же самий час.

**Червень 2023** ▾

Програма тренувань:  
- Збільшення м'язової маси  
- 4 тренування

ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ	НД
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	19	20
26	27	28	29	30		

План тренування на день (цільові групи м'язів):

- Грудні м'язи + м'язи спини
- М'язи ніг + м'язи плечей

Рисунок 4.11 – Сторінка створеної програми тренувань (загальна інформація)

Спочатку користувач звертає увагу на загальну інформацію про його програму фізичних навантажень, як показано на рисунку 4.11. Загальна інформація включає назву програми, дату початку, яку користувач може змінити, орієнтовну кількість тренувальних тижнів та загальну кількість тренувань для досягнення поставленої цілі програми тренувань. Також виводиться календар з відміченими днями тренувань та вказаними цільовими групами м'язів. Календар дає можливість спланувати час для відвідування тренувань та оцінити обсяг всієї

програми. Загальна інформація доповнюється корисними рекомендаціями, що сприяє досягненню цілі тренувань.

На рисунку 4.12 зображено продовження сторінки створеної програми тренувань, де вказано тижневий план тренувань. Користувачу наводяться більш детальна інформація про заплановані тренування на певний тиждень, де показано день тренування, його час початку, цільові групи м'язів, порядковий номер тренування та вказаний набір вправ.



Рисунок 4.12 – Сторінка створеної програми тренувань (тижневий план тренувань)

Крім того, користувач може змінювати час початку заняття або зміщувати день тренування з врахуванням мінімально необхідного часу для відновлення та відпочинку між тренуваннями.

Наступною частиною сторінки програми тренувань є план тренування на день, який наведено на рисунку 4.13. Користувачу пропонується обрати будь-яке тренування в рамках програми, де можна ознайомитись з повним та деталізованим планом тренування на день. Виводиться інформація про загальну заплановану тривалість фізичних навантажень, кількість вправ та підходів. Нижче наводиться впорядкований список вправ. Кожен елемент списку зазначає назву вправи та варіант її виконання, кількість підходів (кількість повторень виконання вправи), кількість повторень в підході та посилання на відео демонстрацію коректної техніки виконання вправи.

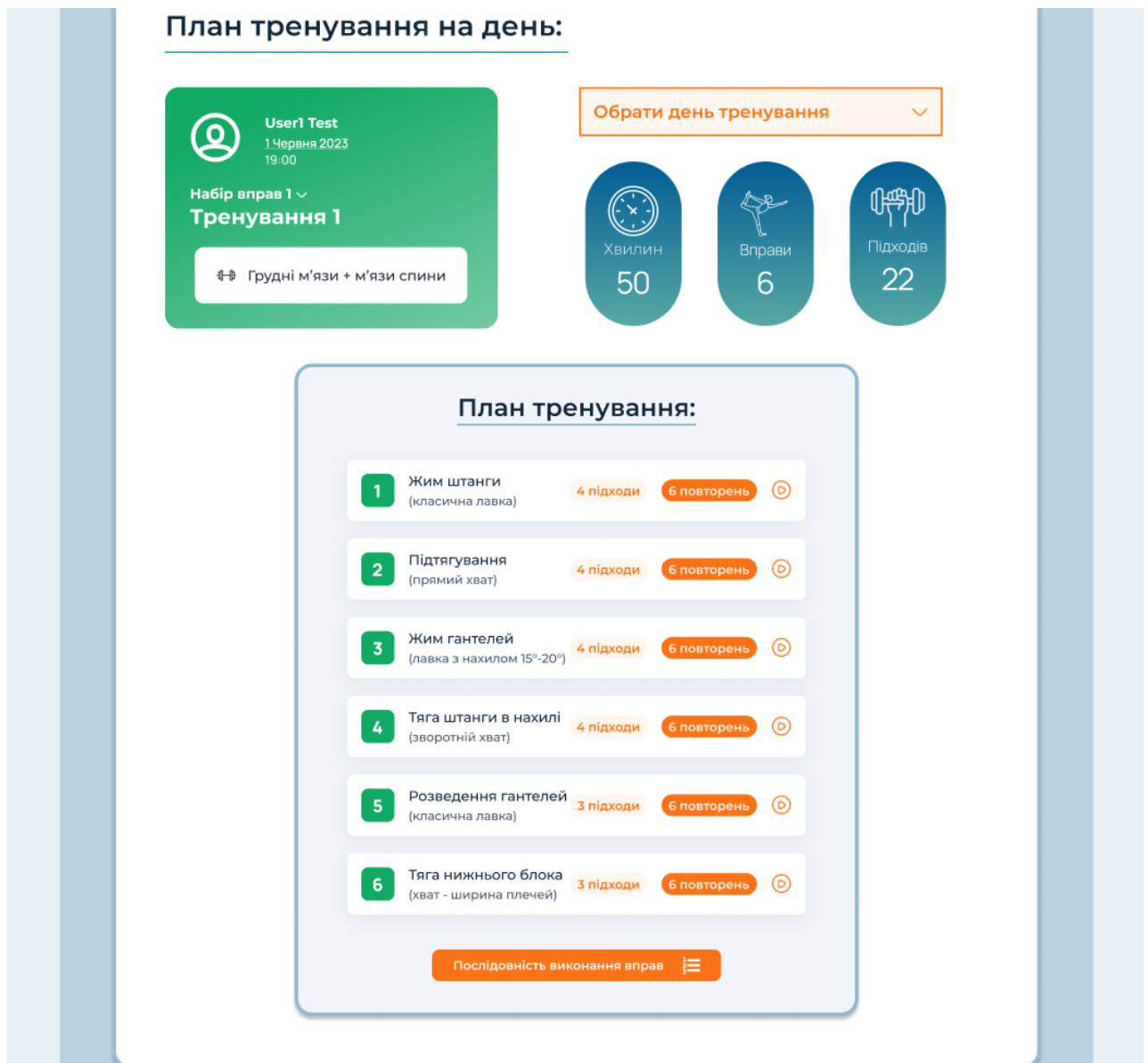


Рисунок 4.13 – Сторінка створеної програми тренувань (план тренування на день)

Також користувач має можливість переглянути послідовність виконання вправ натиснувши на відповідну кнопку. Після натискання, відкривається вікно послідовності виконання вправ, яке може бути поділено на блоки вправ, як показано на рисунках 4.14-4.15. Дане вікно зазначає чітку послідовність вправ з часом відпочинку між ними, номером підходу та кількістю повторень в підході. Така інформація наведена від початку до кінця всього заняття, що полегшує її сприйняття для користувача.



Рисунок 4.14 – Вікно послідовності виконання вправ

На рисунку 4.15 наведено вікно послідовності виконання для другого блоку вправ. Блоки вправ створені з метою оптимізації тренувального процесу шляхом почергового виконання вправ для м'язових груп-антагоністів. Блоки утворені парами м'язових груп-антагоністів, що дозволяє скоротити загальний час тренування, за рахунок зменшення часу відпочинку між завершенням однієї вправи і початком наступної.

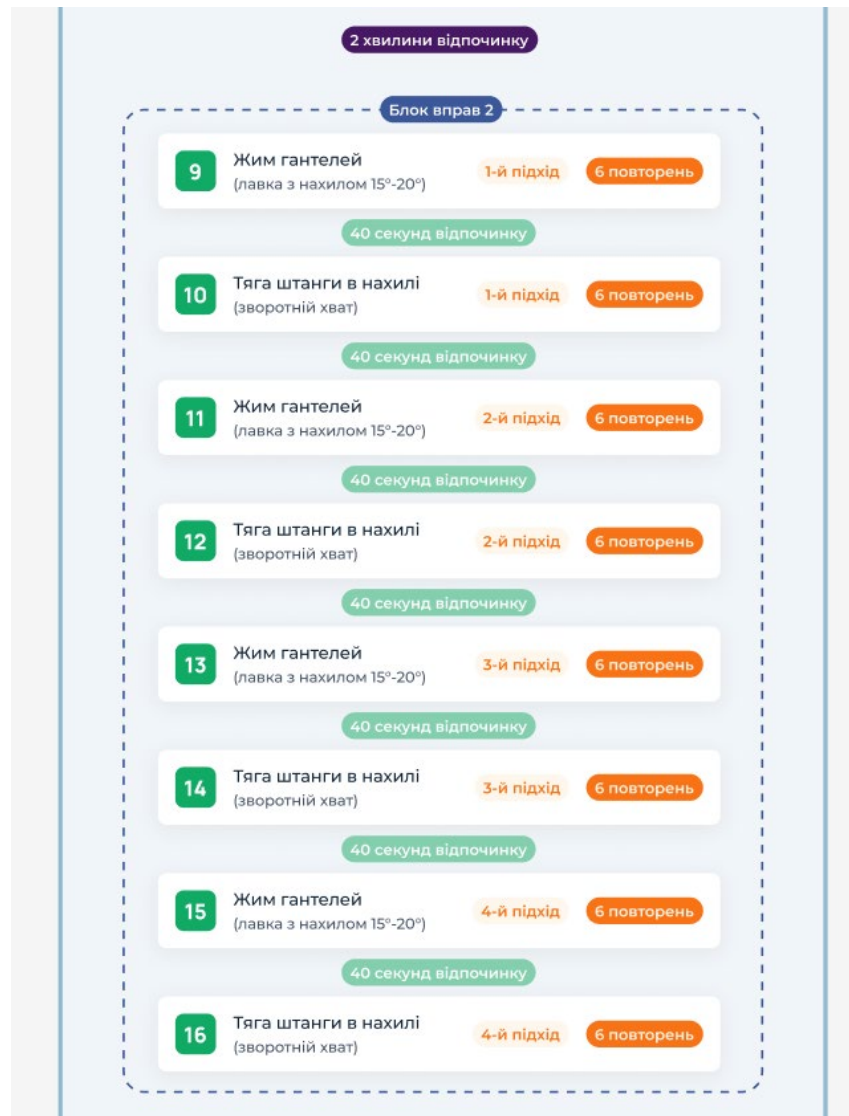


Рисунок 4.15 – Вікно послідовності виконання вправ (блок вправ 2)

З початкового вікна системи можна перейти до сторінки визначення калорійності раціону користувача, яку наведено на рисунку 4.16. Для визначення калорійності необхідно ввести індивідуальні параметри, такі як: стать, вік, вага, зріст, ціль тренувань, а також суб'єктивна оцінка рівня фізичної активності за добу. Якщо профіль користувача уже існує в базі даних, дані будуть автоматично використані. Якщо система отримала усю необхідну інформацію, кнопка «Визначити калорійність раціону» стає активною. Її натискання виконує перехід до сторінки результату визначення калорійності раціону, яку показано на рисунку 3.17.

SmartFit Expert

Визначити калорійність раціону

На Головну

test user - 1  
Активна програма тренувань  
виступає в особистого кабінету

Дайте відповіді на наступні запитання:

Ім'я та прізвище: user1 test

**Обов'язково для заповнення:**

Стать: Чоловік Вік: 28

Вага: 58 кг.

Зріст: 186 см.

Ціль: Збільшення м'язової маси тіла

Скільки днів на тиждень Ви тренуєтесь? 4

Оцініть рівень своєї фізичної активності за день: Висока

Визначити калорійність раціону →

SmartFit Expert

Шелестюк Богдан

Шелестюк Максим

ВНТУ, 2кн-22м  
Курсовий проєкт  
Технології створення  
експертних систем

Рисунок 4.16 – Сторінка опитування для визначення калорійності раціону

Доповнюючою інформацією є дані про тренування та фізичну активність за добу. Таким чином, отриманий БРМ є основним доданком загальної калорійності раціону, а інший доданок розраховується на основі доповнюючої інформації та може приймати додатне, або від'ємне значення, в залежності від цілі користувача. В даному випадку було обрано збільшити м'язову масу тіла, та вказано високу добову активність. Таким чином, система логічного виведення дійшла до висновку, що необхідно збільшити добову калорійність до 2210 ккал для досягнення поставленої цілі.



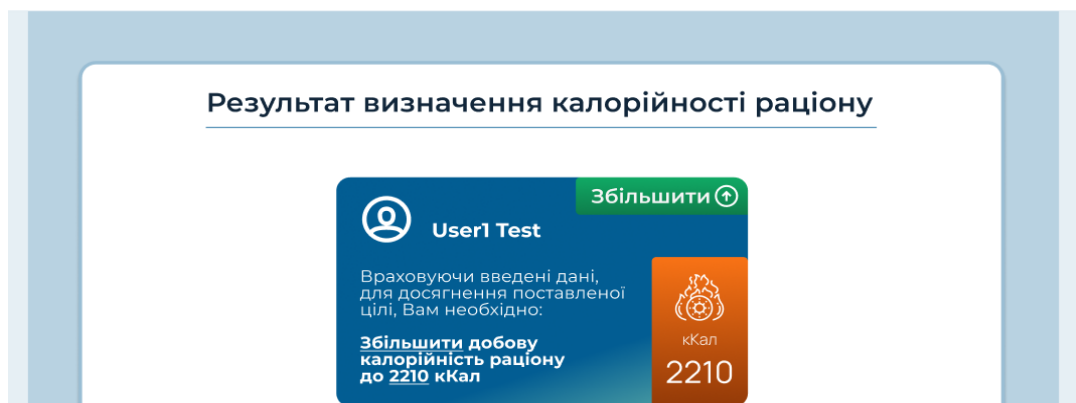


Рисунок 4.17 – Сторінка результату визначення калорійності раціону

З початкового вікна системи користувач може перейти до сторінки визначення індексу маси тіла, яку наведено на рисунку 4.18. Для визначення ІМТ необхідно ввести індивідуальні параметри, такі як: стать, вік, вага, зріст. Якщо профіль користувача уже існує в базі даних, то дані будуть автоматично використані. Якщо система отримала усю необхідну інформацію, кнопка «Визначити індекс маси тіла» стає активною. Її натискання виконує перехід до сторінки результату визначення калорійності раціону, яку показано на рисунку 4.19.

Рисунок 4.18 – Сторінка опитування для визначення ІМТ

В даному випадку було розраховано, що ІМТ дорівнює 16.8 та відповідає категорії недостатньої ваги. На основі цих розрахунків система логічного виведення надає рекомендацію збільшити ІМТ до діапазону 18,5-25 (нормальна вага), а також повідомляє про необхідність початку тренувань для збільшення м'язової маси та рекомендує збільшити при цьому добову калорійність.



Рисунок 4.19 – Сторінка результату визначення ІМТ

Отже, тестування клієнтської частини виявило, що застосунок коректно відображає інтерфейси користувачу. Виконуються усі правила та обмеження для перевірки можливості введення інформації користувачем. Застосунок відображає всю необхідну інформацію. Швидкість відображення сторінок – прийнятна. Тому можна стверджувати, що розроблена клієнтська частина застосунку відповідає цілям, бажанням та потребам користувача, а також допомагає в досягненні бажаного результату, за рахунок зручного інтерфейсу і якісній візуалізації інформації.

#### 4.4 Висновок до розділу 4

У даному розділі обґрунтовано вибір інструментарію, що використовувався при розробці клієнтської частини інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу. Були розглянуті та проаналізовані сучасні фреймворки, які використовуються при розробці застосунків. Для програмної реалізації клієнтської частини інформаційної технології було обрано такий фреймворк, як Angular, оскільки він забезпечує найкращий рівень сумісності з платформою розробки .NET, що була обрана для розробки серверної частини застосунку. Розробка програмного коду проводилась у IDE (інтегрованому середовищі розробки) Visual Studio Code.

Також, було проведено тестування коректності роботи клієнтської частини інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу. Виявлено, що інтерфейси виводять усю необхідну для користувача інформацію, працюють стабільно та відображаються на всіх основних пристроях. Серверна частина застосунку отримує та надсилає дані клієнтській частині без суттєвих затримок, цілісно та без помилок.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Опис концепції проекту

Розглянемо ідею проекту, його сферу застосування та користь, яку отримує користувача від використання. Застосунок має назву «SmartFit Expert» і являє собою інформаційну технологію для організації та проведення тренувального процесу, тому його доцільно віднести до такої категорії застосунків, як фітнес-застосунки, або частково до генераторів тренувальних програм. Головною ідеєю є створення індивідуалізованих та персоніфікованих програм тренувань, які враховують усі актуальні дослідження у сфері спорту та фітнесу. Користувач заповнює форму і на основі отриманих даних, застосунок створює програму тренувань, що враховує індивідуальні особливості користувача, його можливості та ціль. Особливістю є те, що система не генерує шаблонні програми, а завдяки використанню комбінації нечіткої логіки та експертних систем конструює необхідну програму та надає рекомендації, щодо її виконання. Тобто, якщо користувач із недостатньою вагою, заповнивши форму опитування, вибере за ціль тренувань – схуднення (зменшення ваги тіла) – то застосунок не побудує потенційно шкідливу для нього програму, а вивівши деталізовані рекомендації, запропонує програму тренувань для збільшення м'язової маси. Також застосунок здатний коригувати калорійність раціону в залежності від обраної цілі програми тренувань та антропометричних даних користувача.

Перерахуємо користь та сервіси, які отримує користувач:

- створення програм тренувань;
- підбір раціону;
- визначення індексу маси тіла;
- відстеження та аналіз прогресу тренувань;
- ведення щоденника тренувань;
- підбір товарів спортивного харчування.

Застосунок має два варіанта доступу до клієнтських сервісів, які реалізовані у вигляді підписок:

- безкоштовно. Стандартна підписка. Обмежений функціонал, тільки створення програм тренувань та визначення індексу маси тіла;
- платна підписка щомісяця (premium). Без обмежень функціоналу, доступні усі сервіси – ціна 89 грн. за місяць користування.

## 5.2 Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки

Комерційний та технологічний аудит проводиться з метою оцінки науково-технічного рівня, а також рівня комерційного потенціалу інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу, що була розроблена в результаті науково-технічної діяльності, зокрема під час виконання магістерської кваліфікаційної роботи. Для проведення комерційного та технологічного аудиту інформаційної технології організації і проведення тренувального процесу (застосунок «SmartFit Expert»), було залучено 5 незалежних експертів, інформація про яких надана в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Інформація про експертів, що приймали участь в комерційному та технологічному аудиті інформаційної технології

№	Експерт	Посада	Місце роботи
1	Ben Milton	Team Lead	Exercise.com
2	Коваленко Ольга Олександрівна	Business Analyst	ScienceSoft
3	Andrzej Jaworski	Business Analyst	Mighty Pro
4	Todor Hristov	Team Lead	Trainerize
5	Назаренко Вероніка Сергіївна	Data Analyst	Innowise Group

Для оцінки науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу була застосована 5-ти бальна система оцінювання за 12-ма критеріями [35], які наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	1	2	3	4	5
Технічна здійсненність концепції					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено робоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки)					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає

Продовження таблиці 5.2

Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у ВПК	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних док-ів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Оцінки, науково-технічного рівня та комерційного потенціалу науково-технічної розробки, які надали експерти, було внесено у таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)				
	1	2	3	4	5
	Бали:				
1. Технічна здійсненність концепції	4	3	4	4	4
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	3	4	2	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	4	5	4	4	4
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	3	3	3	2	3
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	3	2	3	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	2	3	3	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	3	3	2	3	4
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	4	4	2	3
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	1	1	1	2	3
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	4	3	3	4
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	2	2	2	3	3
12. Практична здійсненність (розробка документів)	3	4	3	3	4
Сума балів	36	37	35	34	41
Середньоарифметична сума балів СБ <sub>c</sub>	36,6				

За результатами розрахунку середньоарифметичної суми балів СБ<sub>c</sub>, відображених в таблиці 5.3, можливо зробити висновок щодо науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки. Використаємо для цього рекомендації, наведені в таблиці 5.4.



Таблиця 5.4 – Науково-технічні рівні та комерційні потенціали розробки

Середньоарифметична сума балів СБ <sub>c</sub> , розрахована на основі висновків експертів	Науково-технічний рівень та комерційний потенціал розробки
41...48	Високий
31...40	Вищий середнього
21...30	Середній
11...20	Нижчий середнього
0...10	Низький

Отже, середньоарифметична сума балів СБ<sub>c</sub>, розрахована на основі висновків п'яти експертів, складає 36,6, що відповідає рівню науково-технічного та комерційного потенціалу розробки – вище середнього. Такий рівень було досягнуто завдяки використанню евристичних методів, зокрема поєднанню нечіткої логіки та експертних систем, які є більш точними та краще передають реальний стан речей в умовах недостатньої кількості достовірних знань і досліджень. Також, важливою перевагою розробленої інформаційної технології є простота і зручність роботи з нею, завдяки використанню зрозумілих та структурованих баз знань, що дозволяє полегшити процес тестування, контролю та внесення змін в роботу системи. Потрібно відзначити, що ціна за користування розробкою є суттєво нижчою за програми-аналоги. Отримані результати досліджень свідчать про перспективність та привабливість розробки для потенційного інвестора.

Проведемо оцінку рівня конкурентоспроможності розробки інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу. Порівнювати розробку будемо з найближчими програмами-аналогами на ринку, це такі застосунки, як: FitnessAI [36], Fitbod [37], Fitbit Coach [38], Fitness Buddy [39] та 8fit [40]. Оцінка конкурентоспроможності формується на основі системи економічних та якісних показників. Економічні показники конкурентоспроможності відображають загальну суму витрат споживачів, що необхідні для задоволення їх потреб за допомогою розробки (застосунку). Якісні

показники відображають властивості, які допомагають розробці відповідати конкретним потребам споживачів. Оцінка рівня конкурентоспроможності інформаційної технології буде проходити у 3 етапи.

На першому етапі проведемо розрахунок одиничних параметричних індексів. Визначення якісних одиничних параметричних індексів за їх технічними показниками (показниками якості) виконується за відповідними формулами.

Якщо збільшення величини параметра буде свідчити про підвищення якості нової розробки, то одиничний параметричний індекс розраховується за формулою 5.1:

$$q_i = \frac{P_i}{P_{\text{баз } i}}. \quad (5.1)$$

Якщо зменшення величини параметра буде свідчити про підвищення якості нової розробки, то одиничний параметричний індекс розраховується за оберненою формулою 5.2:

$$q_i = \frac{P_{\text{баз } i}}{P_i}, \quad (5.2)$$

де  $q_i$  – одиничний параметричний індекс, розрахований за  $i$ -м параметром;

$P_i$  – значення  $i$ -го параметра розробки;

$P_{\text{баз } i}$  – аналогічний параметр базової розробки-аналога, з якою проводиться порівняння.

Для розрахунку одиничного параметричного індексу необхідно визначити основні параметри розробки, які впливають на рівень конкурентоспроможності застосування. До якісних параметрів можемо віднести:

- відповідність складеної програми тренувань цілям користувача;

- підбір вправ у програму тренувань відповідно до можливостей та оснащення тренувального місця користувача;
- врахування вікових особливостей при створенні програми тренувань;
- врахування статевих особливостей при створенні програми тренувань;
- врахування антропометричних особливостей користувача при створенні програми тренувань;
- надання рекомендацій щодо раціону харчування в залежності від створеної програми тренувань;
- врахування необхідного часу для відновлення при формуванні тижневого плану тренувань, з метою уникнення стану "перетренованості";
- можливість зберігання даних користувача у застосунку (програми тренувань, результати, історія користування);
- інтеграція до застосунку даних з фітнес-гаджетів;
- наявність безкоштовної версії застосунку, безкоштовного функціонала, або пробної версії;
- зручність застосунку та дизайн (UX/UI).

До економічних параметрів можемо віднести – ціну застосунку.

Якісні параметри, що впливають на рівень конкурентоспроможності розробки («SmartFit Expert») на ринку фітнес-застосунків були оцінені експертами (див. табл. 5.1) за 10-бальною шкалою. Середні оцінки 5-ти експертів були внесені у таблицю 5.5

Таблиця 5.5 – Експертна оцінка якісних параметрів фітнес-застосунків

№	Параметри:	Застосунки:					
		SmartFit Expert	FitnessAI	Fitbod	Fitbit Coach	Fitness Buddy	8fit
1	Відповідність складеної програми тренувань цілям користувача	9	8	7	8	5	6
2	Підбір вправ до програми тренувань відповідно до можливостей та оснащення тренувального місця користувача	7	5	8	3	2	3
3	Врахування вікових особливостей при створенні програми тренувань	8	6	7	6	3	4

## Продовження таблиці 5.5

4	Врахування статевих особливостей при створенні програми тренувань	7	5	7	6	5	5
5	Врахування антропометричних особливостей користувача при створенні програми тренувань	6	3	4	2	1	2
6	Надання рекомендацій щодо раціону харчування в залежності від створеної програми тренувань	6	2	3	4	1	9
7	Врахування необхідного часу для відновлення при формуванні тижневого плану тренувань, з метою уникнення стану "перетренованості"	8	7	8	7	6	5
8	Можливість зберігання даних користувача у застосунку (програми тренувань, результати, історія користування)	4	6	8	8	6	7
9	Інтеграція до застосунку даних з фітнес-гаджетів	2	4	5	9	2	6
10	Наявність безкоштовної версії застосунку, безкоштовного функціонала, або пробної версії	7	2	6	6	3	5
11	Зручність застосунку та дизайн (UX/UI)	5	6	6	8	5	7

Оскільки, збільшення величини усіх параметрів буде свідчити про підвищення якості нової розробки, то одиничний параметричний індекс розраховується за формулою 5.1. Результати проведеного оцінювання наведено у таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Результати розрахунку одиничних якісних параметричних індексів для SmartFit Expert відносно кожного застосунку-аналога

№	Параметри:	Застосунки:				
		FitnessAI	Fitbod	Fitbit Coach	Fitness Buddy	8fit
		$q_i$	$q_i$	$q_i$	$q_i$	$q_i$
1	Відповідність складеної програми тренувань цілям користувача	1,13	1,29	1,13	1,8	1,5
2	Підбір вправ до програми тренувань відповідно до можливостей та оснащення тренувального місця користувача	1,4	0,88	2,33	3,5	2,33
3	Врахування вікових особливостей при створенні програми тренувань	1,33	1,14	1,33	2,67	2

## Продовження таблиці 5.6

4	Врахування статевих особливостей при створенні програми тренувань	1,4	1	1,17	1,4	1,4
5	Врахування антропометричних особливостей користувача при створенні програми тренувань	2	1,50	3	6	3
6	Надання рекомендацій щодо раціону харчування в залежності від створеної програми тренувань	3	2	1,5	6	0,67
7	Врахування необхідного часу для відновлення при формуванні тижневого плану тренувань, з метою уникнення стану "перетренованості"	1,14	1	1,14	1,33	1,6
8	Можливість зберігання даних користувача у застосунку (програми тренувань, результати, історія користування)	0,67	0,5	0,5	0,67	0,57
9	Інтеграція до застосунку даних з фітнес-гаджетів	0,5	0,4	0,22	1	0,33
10	Наявність безкоштовної версії застосунку, безкоштовного функціонала, або пробної версії	3,5	1,17	1,17	2,33	1,4
11	Зручність застосунку та дизайн (UX/UI)	0,83	0,83	0,63	1	0,71

Існує тільки один економічний параметр, що впливає на рівень конкурентоспроможності розробки («SmartFit Expert») на ринку фітнес-застосунків – це ціна застосунку. Ціна преміум-підписки SmartFit Expert складає 89 гривень на місяць. Розрахуємо одиничний економічний параметричний індекс для розробки відносно кожного застосунку-аналога:

- FitnessAI, при ціні 310 грн.  $q_i = 89/310 = 0,29$ ;
- Fitbod, при ціні 175 грн.  $q_i = 89/175 = 0,51$ ;
- Fitbit Coach, при ціні 265 грн.  $q_i = 89/265 = 0,34$ ;
- Fitness Buddy, при ціні 91,7 грн.  $q_i = 89/91,7 = 0,97$ ;
- 8fit, при ціні 540 грн.  $q_i = 89/540 = 0,16$ .

На другому етапі, розрахуємо групові параметричні індекси. Для цього, експерти, (див. табл. 5.1), з'ясували коефіцієнти вагомості для усіх якісних та економічних параметрів, тобто визначили важливість кожного параметра для користувача, при виборі фітнес-застосунку. Результати розрахунків в таблиці 5.6, відображають індекс зміни значення параметра. Якщо отримане значення

більше 1 – то параметр якості розробки вищий, ніж у конкурента, якщо ж менше 1 – то нижчий, якщо вони рівні – то жоден немає переваги. Для економічного параметра – все навпаки. Зведемо отримані значення до таблиці 5.7, щоб спростити проведення подальших розрахунків.

Таблиця 5.7 – Індекс зміни значення і коефіцієнти вагомості якісних та економічних параметрів.

№	Параметри	Застосунки:					Коефіцієнт вагомості
		FitnessAI	Fitbod	Fitbit Coach	Fitness Buddy	8fit	
	Якісні параметри:	Індекс зміни значення параметра					$\alpha_i$
1	Відповідність складеної програми тренувань цілям користувача	1,13	1,29	1,13	1,8	1,5	0,21
2	Підбір вправ до програми тренувань відповідно до можливостей та оснащення тренувального місця користувача	1,4	0,88	2,33	3,5	2,33	0,06
3	Врахування вікових особливостей при створенні програми тренувань	1,33	1,14	1,33	2,67	2	0,11
4	Врахування статевих особливостей при створенні програми тренувань	1,4	1	1,17	1,4	1,4	0,09
5	Врахування антропометричних особливостей користувача при створенні програми тренувань	2	1,5	3	6	3	0,05
6	Надання рекомендацій щодо раціону харчування в залежності від створеної програми тренувань	3	2	1,5	6	0,67	0,07
7	Врахування необхідного часу для відновлення при формуванні тижневого плану тренувань, з метою уникнення стану "перетренованості"	1,14	1	1,14	1,33	1,6	0,04
8	Можливість зберігання даних користувача у застосунку (програми тренувань, результати, історія користування)	0,67	0,5	0,5	0,67	0,57	0,07
9	Інтеграція до застосунку даних з фітнес-гаджетів	0,5	0,4	0,22	1	0,33	0,09

## Продовження таблиці 5.7

10	Наявність безкоштовної версії застосунку, безкоштовного функціонала, або пробної версії	3,5	1,17	1,17	2,33	1,4	0,08
11	Зручність застосунку та дизайн (UX/UI)	0,83	0,83	0,63	1	0,71	0,13
	Економічні параметри:	Індекс зміни значення параметра					$\beta_i$
12	Ціна застосунку	0,29	0,51	0,34	0,97	0,16	1

Оцінка нормативних параметрів відбувається завдяки показнику, який отримує одне з двох значень: 1 – товар відповідає нормам і стандартам; 0 – не відповідає. Для фітнес-застосунків не існує чітко визначених нормативних параметрів, але існують певні вимоги до роботи застосунків:

- застосунок повинен відповідати заявленим характеристикам;
- застосунок повинен демонструвати стабільну роботу на всіх заявлених розробником пристроях;
- застосунок повинен забезпечувати безпеку персональних даних користувачів;
- застосунок повинен забезпечувати безпеку фінансових операцій, передбачених функціональними можливостями самого застосунку;
- результат роботи застосунку повинен задовольняти очікування користувачів.

Добуток частинних показників за кожним нормативним параметром складають груповий показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами, який обчислюється за формулою 5.3:

$$I_{\text{НП}} = \prod_{i=1}^n q_i, \quad (5.3)$$

де  $I_{\text{НП}}$  – загальний показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами;

$q_i$  – одиничний (частинний) показник за  $i$ -м нормативним параметром;

$n$  – кількість нормативних параметрів, які підлягають оцінюванню.

Для визначення групового показника конкурентоспроможності за нормативними параметрами, перевіримо відповідність кожного параметра вимогам до роботи застосунків. Якщо параметр відповідає вимогам – оцінюємо його, як 1, якщо не відповідає, тоді – 0. Далі внесемо отримані результати в таблицю 5.8.

Таблиця 5.8 – Оцінка нормативних параметрів роботи фітнес-застосунків

№	Нормативні вимоги (параметри)	SmartFit Expert	FitnessAI	Fitbod	Fitbit Coach	Fitness Buddy	8fit
1	Відповідність заявленим характеристикам	1	1	1	1	1	1
2	Стабільна робота на всіх заявлених розробником пристроях	1	1	1	1	1	1
3	Безпека персональних даних користувачів	1	1	1	1	1	1
4	Безпека фінансових операцій та транзакцій	1	1	1	1	1	1
5	Результат роботи застосунку задовольняє очікування користувачів	1	1	1	1	1	1

Оскільки, усі вищезазначені нормативні вимоги до роботи застосунків виконуються, то груповий показник конкурентоспроможності за нормативними параметрами, для кожного застосунку  $I_{\text{ГП}} = 1$ . Це означає, що всі застосунки є конкурентоспроможними.

Визначимо груповий параметричний індекс за якісними параметрами, враховуючи вагомість кожного параметра. Для цього розрахунку використаємо формулу 5.4:

$$I_{\text{ГП}} = \sum_{i=1}^n (q_i \times \alpha_i), \quad (5.4)$$

де  $I_{\text{ГП}}$  – груповий параметричний індекс за якісними показниками (порівняно з аналогом);



$q_i$  – одиничний параметричний показник  $i$ -го параметра;  
 $\alpha_i$  – вагомість  $i$ -го параметричного показника,  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ ;  
 $n$  – кількість якісних параметрів, за якими оцінюється конкурентоспроможність.

Розрахуємо груповий параметричний індекс за якісними параметрами для кожного застосунку-аналога відносно SmartFit Expert.

FitnessAI:

$$I_{\text{ГП}} = (1,13 \times 0,21) + (1,4 \times 0,06) + (1,33 \times 0,11) + (1,4 \times 0,09) + (2 \times 0,05) + (3 \times 0,07) + (1,14 \times 0,04) + (0,67 \times 0,07) + (0,5 \times 0,09) + (3,5 \times 0,08) + (0,83 \times 0,13) = 1,43;$$

$$\text{Fitbod: } I_{\text{ГП}} = 1,15;$$

$$\text{Fitbit Coach: } I_{\text{ГП}} = 1,16;$$

$$\text{Fitness Buddy: } I_{\text{ГП}} = 2,23;$$

$$8fit: I_{\text{ГП}} = 2,23.$$

Оскільки, всі отримані значення групового параметричного індексу за якісними параметрами більші за одиницю, то можна стверджувати, що SmartFit Expert – якісно переважає своїх основних конкурентів. Найближчими конкурентами за якістю є Fitbod та Fitbit Coach, які відстають на 15% і 16% відповідно.

Визначимо груповий параметричний індекс за економічними параметрами (за ціною застосунку). Для цього розрахунку використаємо формулу 5.5:

$$I_{\text{ЕП}} = \sum_{i=1}^m (q_i \times \beta_i), \quad (5.5)$$

де  $I_{\text{ЕП}}$  – груповий параметричний індекс за економічними показниками (порівняно з аналогом);

$q_i$  – економічний параметр  $i$ -го виду;

$\beta_i$  – частка  $i$ -го економічного параметра,  $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$ ;

$m$  – кількість економічних параметрів, за якими здійснюється оцінювання.

Розрахуємо груповий параметричний індекс за економічними параметрами для кожного застосунку-аналога відносно SmartFit Expert.

$$\text{FitnessAI: } I_{\text{ЕП}} = 0,29 \times 1 = 0,29;$$

$$\text{Fitbod: } I_{\text{ЕП}} = 0,51;$$

$$\text{Fitbit Coach: } I_{\text{ЕП}} = 0,34;$$

$$\text{Fitness Buddy: } I_{\text{ЕП}} = 0,97;$$

$$\text{8fit: } I_{\text{ЕП}} = 0,16.$$

Оскільки, всі отримані значення групового параметричного індексу за економічними параметрами менші за одиницю, то можна стверджувати, що SmartFit Expert – вигідніше своїх основних конкурентів. Найближчим конкурентом за вартістю є Fitness Buddy, що поступається лише на 3%

На завершальному третьому етапі, розрахуємо інтегральний показник конкурентоспроможності. Для цього необхідно, базуючись на отриманих значеннях групових параметричних індексів за нормативними, якісними та економічними показниками, використати формулу 5.6:

$$K_{\text{ІНТ}} = I_{\text{НП}} \times \frac{I_{\text{ТП}}}{I_{\text{ЕП}}}, \quad (5.6)$$

Розрахуємо інтегральний показник конкурентоспроможності для кожного застосунку-аналога відносно SmartFit Expert.

$$\text{FitnessAI: } K_{\text{ІНТ}} = 1 \times (1,43/0,29) = 4,98;$$

$$\text{Fitbod: } K_{\text{ІНТ}} = 2,26;$$

$$\text{Fitbit Coach: } K_{\text{ІНТ}} = 3,45;$$

$$\text{Fitness Buddy: } K_{\text{ІНТ}} = 2,3;$$

$$\text{8fit: } K_{\text{ІНТ}} = 8,11.$$

Отже, беручи до уваги результати розрахунків, бачимо, що всі інтегральні показники конкурентоспроможності є більшими за одиницю, тобто розробка

переважає своїх найближчих конкурентів. Потрібно відзначити, що найбільший вплив на високе значення інтегрального показника чинить саме невисока ціна на застосунок SmartFit Expert. Найближчими конкурентами є Fitbod, завдяки високій якості та багатому функціоналу, а також Fitness Buddy, завдяки досить низькій ціні. Загалом результати проведеного дослідження дозволяють стверджувати про високий рівень конкурентоспроможності та перспективності розробки, а також про значний потенціал для комерціалізації застосунку SmartFit Expert.

### **5.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи**

Згрупувати витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної, дослідно-конструкторської, конструкторсько-технологічної роботи, створенням дослідного зразка і проведенням тестувань розробки, під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи можливо за такими статтями:

- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні заходи;
- витрати на придбання обладнання;
- витрати на забезпечення діяльності офісу (місця роботи);
- програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт;
- енергія для науково-виробничих цілей;
- накладні (загальновиробничі) витрати.

Витрати на оплату праці. До цієї статті витрат належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати дослідникам, розробникам і працівникам безпосередньо зайнятим виконанням конкретних задач та обов'язків, обчислених за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці,

також будь-які види грошових і матеріальних доплат, які належать до елемента «Витрати на оплату праці».

*Основна заробітна плата дослідників, розробників та працівників.*  
Витрати на основну заробітну плату дослідників, розробників та працівників ( $Z_o$ ) розраховують відповідно до посадових окладів, за формулою 5.7:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \times t_i}{T_p}, \quad (5.7)$$

де  $k$  – кількість посад дослідників, залучених до процесу досліджень;

$M_{ni}$  – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

$t_i$  – кількість днів роботи конкретного дослідника, дн.;

$T_p$  – середня кількість робочих днів в місяці,  $T_p = 20$  днів.

Внесемо проведені розрахунки основної заробітної плати до таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Витрати на заробітну плату дослідників, розробників та працівників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Кількість днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	42 000	2 100	108	226 800
Керівник відділу розробки	40 000	2 000	102	204 000
Програміст (серверна частина)	36 000	1 800	71	127 800
Програміст (клієнтська частина)	32 000	1 600	64	102 400
Спеціаліст з продажу та роботі з клієнтами	24 000	1 200	49	58 800
UX/UI дизайнер	18 000	900	18	16 200

Продовження таблиці 5.9

Бухгалтер-фінансист	21 000	1 050	5	5 250
Маркетолог	20 000	1 000	26	26 000
Юрист	22 000	1 100	3	3 300
Всього				770 550

$$\begin{aligned}
 Z_o = & \frac{42000 \times 108}{20} + \frac{40000 \times 102}{20} + \frac{36000 \times 71}{20} + \frac{32000 \times 64}{20} + \frac{24000 \times 49}{20} \\
 & + \frac{18000 \times 18}{20} + \frac{21000 \times 5}{20} + \frac{20000 \times 26}{20} + \frac{22000 \times 3}{20} = 770\,550 \text{ грн.}
 \end{aligned}$$

Отже, витрати на основну заробітну плату дослідників, розробників і працівників при проведенні дослідження та розробки інформаційної технології складають 770 550 грн.

*Додаткова заробітна плата дослідників, розробників та працівників.* Додаткова заробітна плата розраховується як 12% від суми основної заробітної плати дослідників, розробників та працівників за формулою 5.8:

$$Z_{\text{дод}} = Z_o \times \frac{N_{\text{дод}}}{100\%}, \quad (5.8)$$

де  $N_{\text{дод}}$  – норма нарахування додаткової заробітної плати.

$$Z_{\text{дод}} = 770\,550 \times \frac{12\%}{100\%} = 92\,466 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на додаткову заробітну плату дослідників, розробників і працівників при проведенні дослідження та розробки інформаційної технології складають 92 466 грн.

Відрахування на соціальні заходи. До цієї статті витрат належать відрахування внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування та для здійснення заходів щодо соціального захисту населення (ЄСВ – єдиний соціальний внесок).

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників, розробників і працівників за формулою 5.9:

$$З_n = (З_o + З_{дод}) \times \frac{Н_{зп}}{100\%}, \quad (5.9)$$

де  $Н_{зп}$  – норма нарахування на заробітну плату.

$$З_n = (770\,550 + 924\,666) \times \frac{22\%}{100\%} = 189\,863,52 \text{ грн.}$$

Отже, відрахування на соціальні заходи дослідників, розробників і працівників складають 189 863,52 грн.

Витрати на придбання обладнання. До цієї статті витрат належать витрати на придбання необхідного обладнання, а також оснащення для дослідників, розробників та працівників, при проведенні досліджень і розробки інформаційної технології. Розрахуємо загальну суму витрат на придбання обладнання за формулою 5.10:

$$В_o = \sum P_o \times k_o, \quad (5.10)$$

де  $P_o$  – ціна за одиницю необхідного обладнання, або оснащення;

$k$  – кількість необхідного обладнання, або оснащення.

Внесемо проведені розрахунки витрат на придбання необхідного обладнання, а також оснащення для дослідників, розробників та працівників до таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Витрати на придбання обладнання та оснащення

Найменування обладнання та оснащення	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Ноутбук HP Pavilion 15-eh2038ua	5	27 999	139 995
Монітор 23.8" HP Omen 24	3	8 169	24 507
Комп'ютерна миша Logitech M500S Advanced	3	1 600	4 800
Килимок для комп'ютерної миші A4Tech X7-300MP Speed	3	169	507
Крісло офісне Ultra C-11	6	2 849	17 094
Стіл офісний Luxe Studio 2	6	2 842	17 052
Шафа офісна картотечна Emby CF-495-3	1	7 690	7 690
Шафа гардеробна БЮ 409	1	2 876	2 876
Кулер для води ABC D270F	1	1 799	1 799
БФП Canon i-Sensys MF272dw, Wi-Fi	1	10 999	10 999
Маршрутизатор TP-LINK Archer A64	1	1 399	1 399
Всього			228 718

$$V_0 = (27999 \times 5) + (8169 \times 3) + (1600 \times 3) + (169 \times 3) + (2849 \times 6) + (2842 \times 3) + (7690 \times 1) + (2876 \times 1) + (1799 \times 1) + (10999 \times 1) + (1399 \times 1) = 228\,718 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на придбання обладнання та оснащення, що необхідні для дослідників, розробників і працівників складають 228 718 грн.

Витрати на забезпечення діяльності офісу (місця роботи). До цієї статті витрат належать витрати на купівлю, або оренду необхідного приміщення, а також витрати на забезпечення необхідних робочих умов для дослідників, розробників та працівників. Розрахуємо загальну суму витрат на забезпечення діяльності офісу за формулою 5.11:

$$B_{wp} = \left( \left( \sum P_{wp} \times k_{wp} \right) + P_{of} \right) \times n, \quad (5.11)$$

де  $P_{wp}$  – ціна за одиницю необхідного товару, чи послуги;

$k_{wp}$  – необхідна кількість товару, чи послуги;

$P_{of}$  – ціна на оренду необхідного приміщення;

$n$  – кількість місяців необхідних для дослідження та розробки.

Внесемо проведені розрахунки витрат на забезпечення необхідних робочих умов для дослідників, розробників та працівників до таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Витрати на забезпечення діяльності офісу

Найменування товару чи послуги	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Чорнила для Canon, PIXMA G1411 Canon	1	687	687
Папір офісний HP Home&Office A4	1	166	166
Доставка води	11	120	1 320
Оренда офісного приміщення, 45м <sup>2</sup>	1	6 750	6750
Кількість місяців необхідних для дослідження та розробки			6
Всього			53 538

$$B_{wp} = (((687 \times 1) + (166 \times 1) + (120 \times 11)) + 6750) \times 6 = 53\,538 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на забезпечення необхідних робочих умов для дослідників, розробників та працівників складають 53 538 грн.

Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт. До цієї статті витрат належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення. Для коректного розрахунку витрат необхідно враховувати специфіку купівлі програмного забезпечення, оскільки є програмні продукти, які реалізуються на основі щомісячної підписки, а є ті, що купуєш і користуєшся без регулярних платежів.



Розрахуємо загальну суму витрат на програмне забезпечення для наукових, дослідницьких робіт за формулою 5.12:

$$V_{\text{прг}} = \left( \left( \sum P_{\text{sub}} \times k_{\text{sub}} \right) \times n_{\text{sub}} \right) + \left( \sum P_{\text{sw}} \times k_{\text{sw}} \right), \quad (5.12)$$

де  $P_{\text{sub}}$  – ціна за щомісячне користування програмним продуктом;

$k_{\text{sub}}$  – кількість щомісячних підписок на програмний продукт;

$n_{\text{sub}}$  – кількість місяців підписки на програмний продукт;

$P_{\text{sw}}$  – ціна за програмний продукт;

$k_{\text{sw}}$  – кількість програмних продуктів.

Внесемо проведені розрахунки витрат на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення для дослідників, розробників та працівників до таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Витрати на забезпечення діяльності офісу

Найменування програмного забезпечення	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Середовище розробки MATLAB	1	2 980	2 980
JetBrains All Products Pack	3	1 098	3 294
Azure Cloud	1	2 482	2 482
Microsoft 365	1	2 599	2 599
Кількість місяців необхідних для дослідження та розробки			6
Всього			68 130

$$V_{\text{прг}} = ((2980 \times 1) + (1098 \times 3) + (2482 \times 1) + (2599 \times 1)) \times 6 = 68\,130 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на програмне забезпечення для дослідників, розробників та працівників складають 68 130 грн.

Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень. До цієї статті витрат належать амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, устаткування та інших приладів і пристроїв, а також програмного забезпечення для проведення науково-дослідної роботи, за його наявності в дослідній організації або на підприємстві. В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою 5.13:

$$A_{\text{обл}} = \frac{Ц_{\text{б}}}{T_{\text{в}}} \times \frac{t_{\text{вик}}}{12}, \quad (5.13)$$

де  $Ц_{\text{б}}$  – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{\text{вик}}$  – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{\text{в}}$  – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

Внесемо проведені розрахунки витрат на амортизацію обладнання, програмних засобів та приміщень до таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Витрати на амортизаційні відрахування

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Ноутбук HP Pavilion 15-eh2038ua	139 995	2	6	34 998,75
Монітор 23.8" HP Omen 24	24 507	2	6	6 126,75
Комп'ютерна миша Logitech M500S Advanced	4 800	2	6	1 200

Продовження таблиці 5.13

Крісло офісне Ultra C-11	17 094	4	6	2 136,75
Стіл офісний Luxe Studio 2	17 052	4	6	2 131,5
Шафа офісна картотечна Emby CF-495-3	7 690	4	6	961,25
Шафа гардеробна БЮ 409	2 876	4	6	359,50
БФП Canon i-Sensys MF272dw, Wi Fi	10 999	4	6	1 374,88
Всього				49 289,38

$$A_{\text{обл}} = \left(\frac{139995}{2} \times \frac{6}{12}\right) + \left(\frac{24507}{2} \times \frac{6}{12}\right) + \left(\frac{4800}{2} \times \frac{6}{12}\right) + \left(\frac{17094}{4} \times \frac{6}{12}\right) + \left(\frac{17052}{4} \times \frac{6}{12}\right) + \left(\frac{7690}{4} \times \frac{6}{12}\right) + \left(\frac{2876}{4} \times \frac{6}{12}\right) + \left(\frac{10999}{4} \times \frac{6}{12}\right) = 49\,289,38 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на амортизацію обладнання, програмних засобів та приміщень складають 49 289,38 грн.

Енергія для науково-виробничих цілей. До цієї статті витрат належать витрати на придбання у сторонніх підприємств, установ і організацій будь-якого виду енергії, що витрачається з технологічною метою на проведення досліджень та розробки. Стаття формується у разі виконання енергоємних наукових досліджень за методом прямого внесення витрат і досягає значної питомої ваги у собівартості досліджень.

Витрати на силову електроенергію ( $B_e$ ) розраховують за формулою 5.14:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \times t_i \times C_e \times K_{впi}}{\eta_i}, \quad (5.14)$$

де  $W_{yi}$  – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

$t_i$  – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

$C_e$  – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

$K_{впi}$  – коефіцієнт, що враховує використання потужності,  $K_{впi} < 1$ ;

$\eta_i$  – коефіцієнт корисної дії обладнання,  $\eta_i < 1$ .

$$B_e = 0,511 \times 720 \times 7,5 \times (0,95/0,97) = 2\,702,51 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на енергію для науково-виробничих цілей складають 2 702,51 грн.

Накладні (загальновиробничі) витрати. До цієї статті витрат належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу тощо. Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуються як 110% від суми основної заробітної плати дослідників, розробників та працівників за формулою 5.15:

$$B_{нзв} = Z_o \times \frac{N_{нзв}}{100\%}, \quad (5.15)$$

де  $N_{нзв}$  – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати».

$$B_{нзв} = 770\,550 \times 1,1 = 847\,605 \text{ грн.}$$

Отже, накладні (загальновиробничі) витрати складають 847 605 грн.

Витрати на проведення науково-дослідної роботи розраховуються як сума всіх попередніх статей витрат за формулою 5.16:

$$B_{заг} = Z_o + Z_{дод} + Z_n + B_o + B_{вр} + B_{прг} + A_{обл} + B_e + B_{нзв}, \quad (5.16)$$

$$B_{заг} = 770550 + 92466 + 189863,52 + 228718 + 53538 + 68130 + 49289,38 + 2702,51 + 847605 = 2\,302\,862,4 \text{ грн.}$$

Отже, витрати на проведення науково-дослідної роботи складають 2 302 862,4 грн.

Структура витрат на проведення науково-дослідної роботи показана на рисунку 5.1



Рисунок 5.1 - Структура витрат на проведення науково-дослідної роботи

Загальні витрати  $ZB$  на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховуються за формулою 5.17:

$$ZB = \frac{B_{\text{заг}}}{\eta}, \quad (5.17)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи. Так, якщо науково-технічна розробка знаходиться на стадії: науково-

дослідних робіт, то  $\eta = 0,1$ ; технічного проектування, то  $\eta = 0,2$ ; розробки конструкторської документації, то  $\eta = 0,3$ ; розробки технологій, то  $\eta=0,4$ ; розробки дослідного зразка, то  $\eta=0,5$ ; розробки промислового зразка, то  $\eta=0,7$ ; впровадження, то  $\eta = 0,9$ . Оскільки розробка, на даний момент, знаходиться на стадії дослідного зразка  $\eta = 0,5$ .

$$ЗВ = 2\,302\,862,4 / 0,5 = 1\,151\,431,2 \text{ грн.}$$

Отже, загальні витрати на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів складають 1 151 431,2 грн.

#### **5.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки та її можливої комерціалізації потенційним інвестором**

Загалом, збільшення величини чистого прибутку є бажаним позитивним результатом для потенційного інвестора, який він може отримати внаслідок впровадження результатів тієї чи іншої науково-технічної розробки.. Зростання чистого прибутку надасть змогу забезпечити потенційних інвесторів надходженням додаткових коштів, покращити фінансові результати, підвищити конкурентоспроможність, а також, можливо, позитивно вплине на ухвалення рішення щодо комерціалізації розробки.

Для розрахунку потенційної можливості збільшити чистий прибуток інвестора, внаслідок впровадження науково-технічної розробки, необхідно розв'язати наступні задачі:

- зазначити, з якого часу можуть бути впроваджені результати науково-технічної розробки;
- вказати, протягом скількох років, після впровадження науково-технічної розробки, очікуються основні позитивні результати для потенційного інвестора;

- кількісно оцінити величину існуючого та майбутнього попиту на цю, або аналогічні науково-технічні розробки, а також назвати основних суб'єктів цього попиту;
- визначити ціну реалізації на ринку фітнес-застосунків з аналогічними чи подібними функціями.

Здійснюючи оцінку ефективності інноваційних проектів здійснюється розрахунок таких важливих показників:

- абсолютного економічного ефекту (чистого дисконтованого доходу);
- внутрішньої економічної дохідності (внутрішньої норми дохідності);
- терміну окупності.

Отже, майбутній економічний ефект розробки буде формуватися на основі таких даних:  $\Delta N$  – збільшення кількості споживачів продукту, в розглянуті та проаналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик;  $N$  – кількість споживачів, які використовували аналогічний продукт у році до того, як результати нової науково-технічної розробки були впроваджені;  $\Pi_0$  – вартість програмного продукту у році до впровадження результатів розробки;  $\pm\Delta\Pi_0$  – зміна вартості програмного продукту (зростання чи зниження) від впровадження результатів науково-технічної розробки в розглянуті та проаналізовані періоди часу. Для всіх наведених вище випадків, можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора  $\Delta\Pi_i$  для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховується за формулою 5.18:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta\Pi_0 \times N + \Pi_0 \times \Delta N)_i \times \lambda \times \rho \times \left(1 - \frac{\vartheta}{100}\right), \quad (5.18)$$

де  $\pm\Delta\Pi_0$  – зміна основного якісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році. Зазвичай, таким показником може бути зміна ціни реалізації одиниці нової розробки в аналізованому році (відносно року до впровадження цієї розробки);  $\pm\Delta\Pi_0$  може мати як додатне, так

і від'ємне значення (від'ємне – при зниженні ціни відносно року до впровадження цієї розробки, додатне – при зростанні ціни);

$N$  – основний кількісний показник, який визначає величину попиту на аналогічні чи подібні розробки у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки;

$\Pi_0$  – основний якісний показник, який визначає ціну реалізації нової науково-технічної розробки в аналізованому році,  $\Pi_0 = \Pi_6 \pm \Delta\Pi_0$ ;

$\Pi_6$  – основний якісний показник, який визначає ціну реалізації існуючої (базової) науково-технічної розробки у році до впровадження результатів;

$\Delta N$  – зміна основного кількісного показника від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізованому році. Зазвичай таким показником може бути зростання попиту на науково-технічну розробку в аналізованому році (відносно року до впровадження цієї розробки);

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2023 році ставка податку на додану вартість становить 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ ;

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту (послуги).  $\rho = 0,4$ ;

$\vartheta$  – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2023 році  $\vartheta = 18\%$ .

Припустимо, що при прогнозованій ціні 89 грн. за одиницю, термін збільшення прибутку складе 4 роки. Після завершення розробки і її вдосконалення, можна буде підняти її ціну на 40 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року – на 46000 шт., протягом другого року – на 42500 шт., протягом третього року – на 39000 шт. і протягом четвертого року – на 31000 шт. До моменту впровадження результатів наукової розробки реалізації продукту не було.

Можливе збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = ((0 \times 40 + (89+40) \times 46000) \times 0,8333 \times 0,4) \times (1-0,18) = 1\,621\,895,12 \text{ грн.};$$



Можливе збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = ((0 \times 40 + (89+40) \times (46000+42500)) \times 0,8333 \times 0,4) \times (1-0,18) = 3\,120\,385,18 \text{ грн.};$$

Можливе збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = ((0 \times 40 + (89+40) \times (46000+42500+39000)) \times 0,8333 \times 0,4) \times (1-0,18) = 4\,495\,470,17 \text{ грн.};$$

Можливе збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = ((0 \times 40 + (89+40) \times (46000+42500+39000+31000)) \times 0,8333 \times 0,4) \times (1-0,18) = 5\,588\,486,45 \text{ грн.}$$

Розрахуємо приведену вартість збільшення всіх чистих прибутків ПП, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, за допомогою формули 5.19:

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t}, \quad (5.19)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

$T$  – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації розробки, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні,  $\tau = 0,15$ ;

$t$  – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

Збільшення прибутку планується отримувати починаючи з першого року:

$$ПП = (1621895,12/(1+0,15)^1) + (3120385,18/(1+0,15)^2) + (4495470,17/(1+0,15)^3) + (5588486,45/(1+0,15)^4) = 9\,920\,882,96 \text{ грн.}$$

Отже, приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків, що в перспективі може отримати потенційний інвестор, завдяки можливому впровадженні та комерціалізації такого фітнес-застосунку, як SmartFit Expert – складає 9 920 882,96 грн.

### 5.5 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Зробимо розрахунок величину початкових інвестицій  $PV$ , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу 5.20:

$$PV = k_{\text{інв}} \times ЗВ, \quad (5.20)$$

де  $k_{\text{інв}}$  – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо;  $k_{\text{інв}}=2,6$ ;

$ЗВ$  – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, грн.

$$PV = 2,6 \times 1\,151\,431,2 = 2\,993\,721,12 \text{ грн.}$$

Тоді абсолютний економічний ефект  $E_{\text{абс}}$  або чистий приведений дохід (NPV, Net Present Value) для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{\text{абс}} = \text{ПП} - PV, \quad (5.21)$$

де  $\text{ПП}$  – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, грн.

$$E_{abc} = 9\,920\,882,96 - 2\,993\,721,12 = 6\,927\,161,84 \text{ грн.}$$

Оскільки  $E_{abc} > 0$ , то інвестування коштів на виконання та впровадження результатів даної науково-дослідної (науково-технічної) роботи може бути доцільним.

Для остаточного прийняття рішення з цього питання необхідно розрахувати внутрішню економічну дохідність  $E_v$  або показник внутрішньої норми дохідності (IRR, Internal Rate of Return) вкладених інвестицій та порівняти її з так званою бар'єрною ставкою дисконтування, яка визначає ту мінімальну внутрішню економічну дохідність, нижче якої інвестиції в будь-яку науково-технічну розробку вкладати буде економічно недоцільно.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених у науково-технічну розробку інвестицій  $E_v$ , скориставшись формулою:

$$E_v = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.22)$$

де  $E_{abc}$  – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, грн;

$PV$  – теперішня вартість початкових інвестицій, грн;

$T_{ж}$  – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримання позитивних результатів від її впровадження, роки.

$$E_v = \sqrt[4]{1 + \frac{6\,927\,161,84}{2\,993\,721,12}} - 1 = 0,35$$

Отже, відносна (щорічна) ефективність вкладених у науково-технічну розробку інвестицій  $E_v$  складає 0,35.

Визначимо бар'єрну ставку дисконтування  $\tau_{мін}$ , тобто мінімальну внутрішню економічну дохідність інвестицій, нижче якої кошти у впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію вкладатися не будуть.

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій  $\tau_{\text{мін}}$  визначається за формулою:

$$\tau_{\text{мін}} = d + f, \quad (5.23)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2020 році в Україні  $d = 0,16$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій;  $f = 0,1$ .

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій складає 0,26

Оскільки,  $E_B > \tau_{\text{мін}}$ , то потенційний інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні впровадження науково-технічної розробки та виведенні її на ринок, тобто в її комерціалізації.

Розраховуємо період окупності інвестицій  $T_{\text{ок}}$  (DPP, Discounted Payback Period), які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1}{E_B}, \quad (5.24)$$

$$T_{\text{ок}} = 1/0,3 = 2,86 \text{ р.}$$

Отже,  $T_{\text{ок}} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження цієї розробки та виведення її на ринок.

## 5.6 Висновок до розділу 5

За результатами проведеного комерційного та технологічного аудиту, науково-технічний рівень, а також рівень комерційного потенціалу інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу

було оцінено, як – вище середнього, що свідчить про перспективність та привабливість розробки для потенційного інвестора. Загальні витрати на завершення науково-дослідної роботи та оформлення її результатів склали 1 151 431,2 грн. Найбільшими статтями витрат є основна заробітна плата (33,47%) та накладні (загальновиробничі) витрати (36,81%), що разом складають 70,28% усіх витрат науково-дослідної роботи.

Також, дослідивши рівень конкурентоспроможності застосунку SmartFit Expert у порівнянні з п'ятьма найближчими конкурентами, можливо стверджувати, що розробка переважає своїх конкурентів по більшості основних параметрів. Основними конкурентними перевагами є низька ціна, відносно висока якість сервісів і складених програм тренувань, що задовольняє більшість потреб потенційних користувачів застосунку. Загалом результати проведеного дослідження дозволяють стверджувати про високий рівень конкурентоспроможності та перспективності розробки, а також про значний потенціал для комерціалізації застосунку SmartFit Expert.

Розрахунок чистого приведенного доходу розробки інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу, засвідчив доцільність інвестування коштів на виконання та впровадження результатів даної науково-дослідної (науково-технічної) роботи. Оскільки відносна (щорічна) ефективність вкладених у науково-технічну розробку інвестицій  $E_v$  перевищує мінімальну внутрішню економічну дохідність вкладених інвестицій  $\tau_{\text{мін}}$ , перспектива зацікавити потенційного інвестора є досить суттєвою. Також період окупності інвестицій склав 2,86 роки, що вказує на комерційну привабливість розробки.

## ВИСНОВКИ

Магістерську кваліфікаційну роботу було присвячено проектуванню, а також розробці інформаційної технології для організації та проведення тренувального процесу, в частині аналізу даних та нечіткої логіки. Було здійснено аналіз предметної області, який дозволив стверджувати про актуальність та перспективність розробки такої інформаційної технології. В ході аналізу предметної області були визначені задачі, які необхідно вирішити для досягнення мети.

У першому розділі магістерської кваліфікаційної роботи, було проведено аналіз сучасного стану розвитку методів та методологій організації тренувального процесу. Виділено основні підходи та принципи, які є ключовими в організації ефективного тренувального процесу, що у свою чергу дозволило визначити такі основні складові тренувального процесу, як тренування, раціон та відновлення. Було встановлено, що індивідуалізація та персоніфікація тренувального процесу дозволяють максимально використовувати потенціал кожної людини та зробити тренування більш ефективними. З'ясовано, що принцип прогресивного навантаження є основою для досягнення і покращення результатів у спорті та фітнесі, а також допомагає уникнути перевтоми.

У другому розділі була розглянута нечітка інтелектуальна система для підтримки проведення тренувального процесу, яка дозволяє визначити загальну поживну цінність продукту з раціону людини, зокрема білкових сумішей (протеїнів) засобами нечіткого логічного виведення та оцінити вигідність покупки обраного товару, враховуючи його загальну поживну цінність та купівельну спроможність користувача. Проаналізовано основні складові поживної цінності білкових сумішей, а також їх вплив на загальну поживну цінність протеїну. Була визначена архітектура нечіткої інтелектуальної системи, що дозволило провести структурування знань, визначити необхідні лінгвістичні змінні та область їх значень. Для зазначених лінгвістичних змінних було визначено терми та побудовано функції належності.

У третьому розділі було побудовано динамічно зв'язану бібліотеку, яка містить реалізацію дерева нечіткого логічного виведення для вибору протеїну, як важливої частини раціону. Бібліотека інкапсулює функції середовища MATLAB та файли систем нечіткого логічного виведення, що здійснюють поетапний виклик системи нечіткого логічного виведення згідно з відповідним етапом дерева логічного виведення. На рівні бізнес-логіки додано сервіс, який використовує розроблену нечітку систему логічного виведення та містить методи оцінки поживної цінності протеїну і отримання рекомендації щодо її покупки. Аналіз результатів тестування було проведено з 10 найпопулярнішими протеїнами на ринку спортивного харчування України. Результати визначення поживної цінності протеїнів показали, що нечітка інтелектуальна система коректно та адекватно оцінює загальну поживну цінність протеїнів, з урахуванням кількості білка, жирів та вуглеводів у суміші, рівня очищення білка, а також енергетичної цінності. Проаналізовано результати визначення вигідності придбання протеїну на основі трьох основних факторів: поживна цінність протеїну, ціна та бюджет користувача на придбання. Проведено тестування вигідності придбання протеїнів внаслідок зміни бюджету користувача. В результаті було визначено, що система адекватно та коректно оцінює вигідність покупки протеїнів. Також проведено тестування якості надання рекомендацій. Були сформовані тестові сценарії та визначено основні програми-аналоги. Оцінивши результати тестування, експерти дійшли висновку, що розроблена нечітка інтелектуальна система надає на 8,5% якісніші рекомендації, ніж найближчий конкурент, застосунок My Fitness Pal. Тобто, можна стверджувати про перспективність та високий потенціал у застосуванні нечіткої логіки для вирішення проблем надання якісних рекомендацій в сфері організації та проведенні тренувального процесу.

У четвертому розділі було обґрунтовано вибір інструментарію, що використовувався при розробці клієнтської частини інформаційної технології. Розглянуто та проаналізовані сучасні фреймворки, які використовуються при розробці застосунків. Для програмної реалізації клієнтської частини

інформаційної технології було обрано такий фреймворк, як Angular, оскільки він забезпечує найкращий рівень сумісності з платформою розробки .NET, що була використовувалась для розробки серверної частини застосунку. Розробка програмного коду проводилась у IDE Visual Studio Code. Також, було проведено тестування коректності роботи клієнтської частини інформаційної технології. Виявлено, що інтерфейси виводять усю необхідну для користувача інформацію, працюють стабільно та відображаються на всіх основних пристроях. Серверна частина застосунку отримує та надсилає дані клієнтській частині без суттєвих затримок, цілісно та без помилок.

У п'ятому розділі був проведений комерційний та технологічний аудит, завдяки чому науково-технічний рівень, а також рівень комерційного потенціалу інформаційної технології було оцінено, як - вище середнього, що свідчить про перспективність та привабливість розробки для потенційного інвестора. Дослідивши рівень конкурентоспроможності застосунку SmartFit Expert у порівнянні з п'ятьма найближчими конкурентами, можливо стверджувати, що розробка переважає своїх конкурентів по більшості основних параметрів. Основними конкурентними перевагами є низька ціна, відносно висока якість сервісів і точність складених програм тренувань, що задовольняє більшість потреб потенційних користувачів застосунку. Розрахунок чистого приведенного доходу розробки інформаційної технології, засвідчив доцільність інвестування коштів на виконання та впровадження результатів даної науково-дослідної роботи. Також період окупності інвестицій склав 2,86 роки, що вказує на комерційну привабливість розробки.

Застосування нечіткої інтелектуальної системи для оцінки поживної цінності продуктів і товарів у раціоні користувача та визначення вигідності їх покупки дозволило розширити функціональні можливості інформаційної технології організації та проведення тренувального процесу у порівнянні з програмами-аналогами.

Отже, можна стверджувати, що всі задачі, які ставились в магістерській кваліфікаційній роботі виконані, мету роботи досягнуто.



**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Global status report on physical activity 2022. Geneva : World Health Organization, 2022. 112 с.
2. Global action plan on physical activity 2018–2030: more active people for a healthier world. Geneva : World Health Organization, 2018. 104 с.
3. Використання дерева нечіткого логічного виведення для оптимізації бази знань нечіткої інтелектуальної системи вибору спортивного харчування / Шелестюк Б.І., Шелестюк М.І., Яровий А.А., Козловський А.В. : Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)". – В.: ВНТУ, 2023. – С. 1-7. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2024/paper/viewFile/19549/16201>
4. Інтеграція експертної системи для створення програми тренувань в середовище виконання CLR / Шелестюк М.І., Шелестюк Б.І., Яровий А.А., Козловський А.В. // European scientific congress. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. Barca Academy Publishing. Madrid, Spain. 2023. Pp. 213-219.
5. The training process: Planning for strength–power training in track and field. Part 1: theoretical aspects / В. Н. DeWeese та ін. Journal of sport and health science. 2015. Т. 4, № 4. С. 308–317. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.07.003> (дата звернення: 06.11.2023).
6. Fister I., Fister I., Fister D. Theory of sports training. Computational intelligence in sports. Cham, 2018. С. 103–119. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-03490-0\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-03490-0_5) (дата звернення: 08.11.2023).
7. The training process: Planning for strength–power training in track and field. Part 2: practical and applied aspects / В. Н. DeWeese та ін. Journal of sport and health science. 2015. Т. 4, № 4. С. 318–324. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2015.07.002> (дата звернення: 06.11.2023).

8. Key concepts in sport and exercise sciences / С. В. Cooke та ін. SAGE Publications, Limited, 2011. 160 с.
9. Radák Z. Diet and sport. The physiology of physical training. 2018. С. 127–139. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815137-2.00008-5> (дата звернення: 15.11.2023).
10. ISSN exercise & sport nutrition review: research & recommendations / R. В. Kreider та ін. Journal of the international society of sports nutrition. 2010. Т. 7, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/1550-2783-7-7> (дата звернення: 12.11.2023).
11. Bishop P. A., Jones E., Woods A. K. Recovery from training: a brief review. Journal of strength and conditioning research. 2008. Т. 22, № 3. С. 1015–1024. URL: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31816eb518> (дата звернення: 17.11.2023).
12. Effects of post-exercise recovery interventions on physiological, psychological, and performance parameters / С. Cortis та ін. International journal of sports medicine. 2010. Т. 31, № 05. С. 327–335. URL: <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248242> (дата звернення: 20.11.2023).
13. Kasper K. Sports training principles. Current sports medicine reports. 2019. Т. 18, № 4. С. 95–96. URL: <https://doi.org/10.1249/jsr.0000000000000576> (дата звернення: 09.11.2023).
14. Training or synergizing? Complex systems principles change the understanding of sport processes / R. Pol та ін. Sports medicine - open. 2020. Т. 6, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00256-9> (дата звернення: 19.11.2023).
15. Fuzzy logic / ред.: J. Carter та ін. Cham : Springer International Publishing, 2021. 270 с. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-66474-9> (дата звернення: 20.10.2023).
16. Role of fuzzy sets on artificial intelligence methods: A literature review. TFSS (transactions on fuzzy sets and systems). 2023. Volume 2, Issue 1. С. 158–178. URL: <https://doi.org/10.30495/tfss.2023.1976303.1060> (дата звернення: 21.10.2023).

17. Le T. T., Zhao D., Larsen L. B. Analytical methods for measuring or detecting whey proteins. *Whey proteins*. 2019. С. 155–184. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812124-5.00005-9> (дата звернення: 24.10.2023).
18. Schoenfeld B. J., Aragon A. A. How much protein can the body use in a single meal for muscle-building? Implications for daily protein distribution. *Journal of the international society of sports nutrition*. 2018. Т. 15, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12970-018-0215-1> (дата звернення: 27.11.2023).
19. Whey protein supplementation enhances whole body protein metabolism and performance recovery after resistance exercise: a double-blind crossover study / D. West та ін. *Nutrients*. 2017. Т. 9, № 7. С. 735. URL: <https://doi.org/10.3390/nu9070735> (дата звернення: 29.11.2023).
20. Whey protein supplementation in muscle hypertrophy / C. Sobral та ін. *European journal of public health*. 2020. Т. 30, Supplement\_2. URL: <https://doi.org/10.1093/eurpub/ckaa040.004> (дата звернення: 28.11.2023).
21. Naclerio F., Seijo M. Whey protein supplementation and muscle mass: current perspectives. *Nutrition and dietary supplements*. 2019. Volume 11. С. 37–48. URL: <https://doi.org/10.2147/nds.s166195> (дата звернення: 27.11.2023).
22. The effect of whey protein supplementation on myofibrillar protein synthesis and performance recovery in resistance-trained men / R. W. Davies та ін. *Nutrients*. 2020. Т. 12, № 3. С. 845. URL: <https://doi.org/10.3390/nu12030845> (дата звернення: 26.11.2023).
23. Focus on the protein fraction of sports nutrition supplements / L. Pellegrino та ін. *Molecules*. 2022. Т. 27, № 11. С. 3487. URL: <https://doi.org/10.3390/molecules27113487> (дата звернення: 28.10.2023).
24. Comparative meta-analysis of the effect of concentrated, hydrolyzed, and isolated whey protein supplementation on body composition of physical activity practitioners / L. H. A. Castro та ін. *Nutrients*. 2019. Т. 11, № 9. С. 2047. URL: <https://doi.org/10.3390/nu11092047> (дата звернення: 29.10.2023).
25. Anabolic response to essential amino acid plus whey protein composition is greater than whey protein alone in young healthy adults / S. Park та ін. *Journal of the*

international society of sports nutrition. 2020. Т. 17, № 1. URL: <https://doi.org/10.1186/s12970-020-0340-5> (дата звернення: 26.10.2023).

26. Dieter B. Whey protein powder: complete A-Z guide for all types of whey supplements. MUSCLE&STRENGTH. URL: <https://www.muscleandstrength.com/expert-guides/whey-protein> (дата звернення: 02.11.2023).

27. Kendall K. Your expert guide to whey protein. Bodybuilding.com. URL: <https://www.bodybuilding.com/content/your-expert-guide-to-whey-protein.html> (дата звернення: 02.11.2023).

28. Pimf Pi-shaped membership function. MathWorks. URL: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/pimf.html> (дата звернення: 07.11.2023).

29. FIS trees. MathWorks. URL: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/fuzzy-trees.html> (дата звернення: 11.11.2023).

30. Price per unit comparison. ExRx.net. URL: <https://exrx.net/Calculators/PriceComparison> (дата звернення: 01.11.2023).

31. Nutrition tools to understand what you eat. My food data.com. URL: <https://www.myfooddata.com/> (дата звернення: 11.11.2023).

32. Compare nutritional values of up to 15 items. NutritionValue.org. URL: <https://www.nutritionvalue.org/> (дата звернення: 12.11.2023).

33. MyFitnessPal is a health and fitness tracking smartphone app and website. My Fitness Pal. URL: <https://www.myfitnesspal.com/> (дата звернення: 12.11.2023).

34. Analyze and compare different food items with each other by charts and graphs. visualize nutrient composition, vitamins and minerals in everyday food. Food Compare. URL: <https://www.food-compare.com/> (дата звернення: 13.11.2023).

35. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

36. FitnessAI get stronger, faster with artificial intelligence. FitnessAI. URL: <https://www.fitnessai.com/> (дата звернення: 07.11.2023).

37. Fitbod. built for better. workouts that improve as you do. Fitbod. URL: <https://fitbod.me/> (дата звернення: 16.11.2023).

38. Fitbit Coach. Take your fitness to the next level. Fitbit Coach. URL: <https://www.fitbit.com/global/us/products/services/premium> (дата звернення: 14.11.2023).

39. Inc A. Fitness buddy: gym workout, we - apps on google play. Android Apps on Google Play. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.skyhealth.fitnessbuddyandroidfree&hl=en&gl=US> (дата звернення: 15.11.2023).

40. 8fit. custom home workouts app, healthy meal and nutrition plans. 8fit. URL: <https://8fit.com/> (дата звернення: 06.11.2023).

## **ДОДАТКИ**

**Додаток А (обов'язковий)****Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень****ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**Назва роботи: Інформаційна технологія організації та проведення тренувального процесу. Частина 1. Аналіз даних та нечітка логіка.Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)Підрозділ кафедра комп'ютерних наук, ФІТА  
(кафедра, факультет)**Показники звіту подібності Unichesk**Оригінальність 86,1% Схожість 13,9%**Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):**

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

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

Автор роботи

Керівник роботи



Шелестюк Б.І.

Яровий А.А.

**Опис прийнятого рішення**Магістерську кваліфікаційну роботу допущено до захисту

Особа, відповідальна за перевірку



Озеранський В.С.

## Додаток Б (обов'язковий)

### Лістинг програми

#### Лістинг основних програмних компонентів

##### UserProfile.cs

```
using Microsoft.AspNetCore.Identity;
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;

namespace DAL.Entities
{
    public class UserProfile : IdentityUser<int>
    {
        public string FirstName { get; set; }
        public string SecondName { get; set; }
    }
}
```

##### SportSupplement.cs

```
using System;
using System.ComponentModel.DataAnnotations;
using System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema;

namespace DAL.Entities
{
    public class SportSupplement
    {
        [Key]
        [DatabaseGenerated(DatabaseGeneratedOption.Identity)]
        public int SportSupplementId { get; set; }
        [Required]
        [MinLength(3)]
        [MaxLength(60)]
        public string SportSupplementName { get; set; }
        public string? SportSupplementDescription { get; set; } = "";
        public double? PurificationLevel { get; set; }
        public byte[]? DefaultImage { get; set; }
        [Required]
        public double Weight { get; set; }

        [ForeignKey(nameof(SportSupplementVariant))]
        public int SportSupplementVariantId { get; set; }
        public virtual SportSupplementVariant SportSupplementVariant { get; set; }

        [ForeignKey(nameof(Category))]
        public int CategoryId { get; set; }
        public virtual Category Category { get; set; }
    }
}
```



## SportSupplementVariant.cs

```
using System;
using System.ComponentModel.DataAnnotations;
using System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema;

namespace DAL.Entities
{
    public class SportSupplementVariant
    {
        [Key]
        [DatabaseGenerated(DatabaseGeneratedOption.Identity)]
        public int SportSupplementVariantId { get; set; }
        [Required]
        public double ProteinAmount { get; set; }
        [Required]
        public double EnergyValue { get; set; }
        [Required]
        public double FatsAmount { get; set; }
        [Required]
        public double CarboAmount { get; set; }
        public double Price { get; set; }
        public string? Flavour { get; set; }

        public double? NutritionalValue { get; set; }
    }
}
```

## Category.cs

```
using System;
using System.ComponentModel.DataAnnotations;
using System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema;

namespace DAL.Entities
{
    public class Category
    {
        [Key]
        [DatabaseGenerated(DatabaseGeneratedOption.Identity)]
        public int CategoryId { get; set; }
        [Required]
        [MinLength(2)]
        [MaxLength(40)]
        public string CategoryName { get; set; }
    }
}
```

## FuzzyProteinEvaluationService.cs

```
using MathWorks.MATLAB.NET.Arrays;
using MathWorks.MATLAB.NET.Utility;
using FuzzyProteinEvaluation;
using DAL;
using DAL.Entities;
using System.Diagnostics;

namespace BLL
{
    public class FuzzyProteinEvaluationService : IFuzzyProteinEvaluationService
    {
        private IUnitOfWork _db;
    }
}
```

```

private ProteinEvaluator _evaluator;

public FuzzyProteinEvaluationService (IUnitOfWork db)
{
    _db = db;
    _evaluator = new ProteinEvaluator();
}

public double Evaluate(SportSupplement supplement, int userBudget)
{
    var purchaseAbility =
    GetPurchaseAbility(supplement.SportSupplementVariant.Price, userBudget);

    var stage1 =
    _evaluator.GetProtPurificationEval(supplement.SportSupplementVariant.ProteinAmount,
    supplement.PurificationLevel);
    var stage2 = _evaluator.GetEnergyEval(stage1,
    supplement.SportSupplementVariant.EnergyValue);
    var stage3 = _evaluator.GetFatEval(stage2,
    supplement.SportSupplementVariant.FatsAmount);
    var stage4 = _evaluator.GetCarboEval(stage3,
    supplement.SportSupplementVariant.CarboAmount);
    var stage5 = _evaluator.GetPurchaseEval(stage4, purchaseAbility);
    return stage5;
}

public double GetPurchaseAbility(double price, int budget)
{
    double purchaseAbility = (price * 100) / budget;
    return purchaseAbility;
}

public double EvaluateNutritionValue (SportSupplement supplement)
{
    var stage1 =
    _evaluator.GetProtPurificationEval(supplement.SportSupplementVariant.ProteinAmount,
    supplement.PurificationLevel);
    var stage2 = _evaluator.GetEnergyEval(stage1,
    supplement.SportSupplementVariant.EnergyValue);
    var stage3 = _evaluator.GetFatEval(stage2,
    supplement.SportSupplementVariant.FatsAmount);
    var stage4 = _evaluator.GetCarboEval(stage3,
    supplement.SportSupplementVariant.CarboAmount);
    return stage4;
}
}

```

### GetCarboEval.m

```

function [CarboEval] = GetCarboEval(fatEval,carboAmount)
fis=readfis('ProtNut-Stage-4-AP-PPL-EV-AF-AC');
CarboEval = evalfis(fis,[fatEval,carboAmount]);
end

```

### GetEnergyEval.m

```

function [EnergyEval] = GetEnergyEval(protPurificationEval,energyValue)
fis=readfis('ProtNut-Stage-2-AP-PPL-EV');

```

```
EnergyEval = evalfis(fis,[protPurificationEval,energyValue]);
end
```

### GetFatEval.m

```
function [FatEval] = GetFatEval(energyEval,fatAmount)
fis=readfis('ProtNut-Stage-3-AP-PPL-EV-AF');
FatEval = evalfis(fis,[energyEval,fatAmount]);
end
```

### GetProteinEvaluation.m

```
function [ProtEval] = GetProteinEvaluation(protAmount,purLevel,energyValue,fatAmount,
carboAmount,purchaseAbility)
protPurificationEval = GetProtPurificationEval(protAmount,purLevel);
energyEval = GetEnergyEval(protPurificationEval,energyValue);
fatEval = GetFatEval(energyEval,fatAmount);
carboEval = GetCarboEval(fatEval,carboAmount);
priceEval = GetPurchaseEval(carboEval,purchaseAbility);
ProtEval = priceEval;
end
```

### GetProtPurificationEval.m

```
function[ProtPurificationEval] = GetProtPurificationEval(protAmount,purLevel)
fis=readfis('ProtNut-Stage-1-AP-PPL');
ProtPurificationEval = evalfis(fis,[protAmount,purLevel]);
end
```

### GetPurchaseEval.m

```
function [PurchaseEval] = GetPurchaseEval(carboEval,purchaseAbility)
fis=readfis('ProtNut-Stage-5-NV-PD');
PurchaseEval = evalfis(fis,[carboEval,purchaseAbility]);
end
```

### ProteinEvaluator.cs

```
using System;
using System.Reflection;
using System.IO;
using MathWorks.MATLAB.NET.Arrays;
using MathWorks.MATLAB.NET.Utility;

#if SHARED
[assembly: System.Reflection.AssemblyKeyFile(@"")]
#endif

namespace FuzzyProteinEvaluation
{
public class ProteinEvaluator : IDisposable
{
```

```

static ProteinEvaluator()
{
    if (MWMCR.MCRAppInitialized)
    {
        try
        {
            Assembly assembly= Assembly.GetExecutingAssembly();

            string ctffFilePath= assembly.Location;

            int lastDelimiter = ctffFilePath.LastIndexOf(@"\/");

            if (lastDelimiter == -1)
            {
                lastDelimiter = ctffFilePath.LastIndexOf(@"\");
            }

            ctffFilePath= ctffFilePath.Remove(lastDelimiter, (ctffFilePath.Length -
lastDelimiter));

            string ctffFileName = "FuzzyProteinEvaluation.ctf";

            Stream embeddedCtfStream = null;

            String[] resourceStrings = assembly.GetManifestResourceNames();

            foreach (String name in resourceStrings)
            {
                if (name.Contains(ctffFileName))
                {
                    embeddedCtfStream = assembly.GetManifestResourceStream(name);
                    break;
                }
            }
            mcr= new MWMCR("",
                ctffFilePath, embeddedCtfStream, true);
        }
        catch(Exception ex)
        {
            ex_ = new Exception("MWArray assembly failed to be initialized", ex);
        }
    }
    else
    {
        ex_ = new ApplicationException("MWArray assembly could not be initialized");
    }
}

public ProteinEvaluator()
{
    if(ex_ != null)
    {
        throw ex_;
    }
}

~ProteinEvaluator()
{
    Dispose(false);
}

public void Dispose()
{
    Dispose(true);

    GC.SuppressFinalize(this);
}

```

```

}

protected virtual void Dispose(bool disposing)
{
    if (!disposed)
    {
        disposed= true;

        if (disposing)
        {
            // Free managed resources;
        }

        // Free native resources
    }
}

public MWArray GetCarboEval()
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetCarboEval", new MWArray[]{});
}

public MWArray GetCarboEval(MWArray fatEval)
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetCarboEval", fatEval);
}

public MWArray GetCarboEval(MWArray fatEval, MWArray carboAmount)
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetCarboEval", fatEval, carboAmount);
}

public MWArray[] GetCarboEval(int numArgsOut)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetCarboEval", new MWArray[]{});
}

public MWArray[] GetCarboEval(int numArgsOut, MWArray fatEval)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetCarboEval", fatEval);
}

public MWArray[] GetCarboEval(int numArgsOut, MWArray fatEval, MWArray
carboAmount)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetCarboEval", fatEval, carboAmount);
}

public void GetCarboEval(int numArgsOut, ref MWArray[] argsOut, MWArray[] argsIn)
{
    mcr.EvaluateFunction("GetCarboEval", numArgsOut, ref argsOut, argsIn);
}

public MWArray GetEnergyEval()
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetEnergyEval", new MWArray[]{});
}

public MWArray GetEnergyEval(MWArray protPurificationEval)
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetEnergyEval", protPurificationEval);
}

public MWArray GetEnergyEval(MWArray protPurificationEval, MWArray energyValue)
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetEnergyEval", protPurificationEval, energyValue);
}

public MWArray[] GetEnergyEval(int numArgsOut)
{

```

```

    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetEnergyEval", new MWArray[]{});
}

public MWArray[] GetEnergyEval(int numArgsOut, MWArray protPurificationEval)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetEnergyEval", protPurificationEval);
}
public MWArray[] GetEnergyEval(int numArgsOut, MWArray protPurificationEval,
MWArray
                                energyValue)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetEnergyEval", protPurificationEval,
energyValue);
}
public void GetEnergyEval(int numArgsOut, ref MWArray[] argsOut, MWArray[] argsIn)
{
    mcr.EvaluateFunction("GetEnergyEval", numArgsOut, ref argsOut, argsIn);
}
public MWArray GetFatEval()
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetFatEval", new MWArray[]{});
}
public MWArray GetFatEval(MWArray energyEval)
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetFatEval", energyEval);
}
public MWArray GetFatEval(MWArray energyEval, MWArray fatAmount)
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetFatEval", energyEval, fatAmount);
}
public MWArray[] GetFatEval(int numArgsOut)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetFatEval", new MWArray[]{});
}
public MWArray[] GetFatEval(int numArgsOut, MWArray energyEval)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetFatEval", energyEval);
}
public MWArray[] GetFatEval(int numArgsOut, MWArray energyEval, MWArray fatAmount)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetFatEval", energyEval, fatAmount);
}
public void GetFatEval(int numArgsOut, ref MWArray[] argsOut, MWArray[] argsIn)
{
    mcr.EvaluateFunction("GetFatEval", numArgsOut, ref argsOut, argsIn);
}
public MWArray GetProteinEvaluation()
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetProteinEvaluation", new MWArray[]{});
}

public MWArray GetProteinEvaluation(MWArray protAmount)
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetProteinEvaluation", protAmount);
}

public MWArray GetProteinEvaluation(MWArray protAmount, MWArray purLevel)
{
    return mcr.EvaluateFunction("GetProteinEvaluation", protAmount, purLevel);
}

public MWArray GetProteinEvaluation(MWArray protAmount, MWArray purLevel, MWArray
                                energyValue)
{

```

```

        return mcr.EvaluateFunction("GetProteinEvaluation", protAmount, purLevel,
energyValue);
    }

    public MWArray GetProteinEvaluation(MWArray protAmount, MWArray purLevel, MWArray
energyValue, MWArray fatAmount)
    {
        return mcr.EvaluateFunction("GetProteinEvaluation", protAmount, purLevel,
energyValue, fatAmount);
    }

    public MWArray GetProteinEvaluation(MWArray protAmount, MWArray purLevel, MWArray
energyValue, MWArray fatAmount, MWArray carboAmount)
    {
        return mcr.EvaluateFunction("GetProteinEvaluation", protAmount, purLevel,
energyValue, fatAmount, carboAmount);
    }

    public MWArray GetProteinEvaluation(MWArray protAmount, MWArray purLevel, MWArray
energyValue, MWArray fatAmount, MWArray carboAmount,
MWArray purchaseAbility)
    {
        return mcr.EvaluateFunction("GetProteinEvaluation", protAmount, purLevel,
energyValue, fatAmount, carboAmount, purchaseAbility);
    }

    public MWArray[] GetProteinEvaluation(int numArgsOut)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProteinEvaluation", new
MWArray[]{});
    }

    public MWArray[] GetProteinEvaluation(int numArgsOut, MWArray protAmount)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProteinEvaluation", protAmount);
    }

    public MWArray[] GetProteinEvaluation(int numArgsOut, MWArray protAmount, MWArray
purLevel)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProteinEvaluation", protAmount,
purLevel);
    }

    public MWArray[] GetProteinEvaluation(int numArgsOut, MWArray protAmount, MWArray
purLevel, MWArray energyValue)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProteinEvaluation", protAmount,
purLevel, energyValue);
    }

    public MWArray[] GetProteinEvaluation(int numArgsOut, MWArray protAmount, MWArray
purLevel, MWArray energyValue, MWArray fatAmount)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProteinEvaluation", protAmount,
purLevel, energyValue, fatAmount);
    }

    public MWArray[] GetProteinEvaluation(int numArgsOut, MWArray protAmount, MWArray
purLevel, MWArray energyValue, MWArray fatAmount,
MWArray carboAmount)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProteinEvaluation", protAmount,
purLevel, energyValue, fatAmount, carboAmount);
    }

```

```

    }
    public MWArray[] GetProteinEvaluation(int numArgsOut, MWArray protAmount, MWArray
        purLevel, MWArray energyValue, MWArray fatAmount,
        MWArray carboAmount, MWArray purchaseAbility)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProteinEvaluation", protAmount,
            purLevel, energyValue, fatAmount, carboAmount, purchaseAbility);
    }

    public void GetProteinEvaluation(int numArgsOut, ref MWArray[] argsOut, MWArray[]
        argsIn)
    {
        mcr.EvaluateFunction("GetProteinEvaluation", numArgsOut, ref argsOut, argsIn);
    }
    public MWArray GetProtPurificationEval()
    {
        return mcr.EvaluateFunction("GetProtPurificationEval", new MWArray[]{});
    }
    public MWArray GetProtPurificationEval(MWArray protAmount)
    {
        return mcr.EvaluateFunction("GetProtPurificationEval", protAmount);
    }

    public MWArray GetProtPurificationEval(MWArray protAmount, MWArray purLevel)
    {
        return mcr.EvaluateFunction("GetProtPurificationEval", protAmount, purLevel);
    }

    public MWArray[] GetProtPurificationEval(int numArgsOut)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProtPurificationEval", new
            MWArray[]{});
    }

    public MWArray[] GetProtPurificationEval(int numArgsOut, MWArray protAmount)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProtPurificationEval", protAmount);
    }

    public MWArray[] GetProtPurificationEval(int numArgsOut, MWArray protAmount,
        MWArray
            purLevel)
    {
        return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetProtPurificationEval", protAmount,
            purLevel);
    }

    public void GetProtPurificationEval(int numArgsOut, ref MWArray[] argsOut,
        MWArray[]
            argsIn)
    {
        mcr.EvaluateFunction("GetProtPurificationEval", numArgsOut, ref argsOut,
            argsIn);
    }
    public MWArray GetPurchaseEval()
    {
        return mcr.EvaluateFunction("GetPurchaseEval", new MWArray[]{});
    }
    public MWArray GetPurchaseEval(MWArray carboEval)
    {
        return mcr.EvaluateFunction("GetPurchaseEval", carboEval);
    }

    public MWArray GetPurchaseEval(MWArray carboEval, MWArray purchaseAbility)
    {

```



```

    return mcr.EvaluateFunction("GetPurchaseEval", carboEval, purchaseAbility);
}

public MWArray[] GetPurchaseEval(int numArgsOut)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetPurchaseEval", new MWArray[]{});
}

public MWArray[] GetPurchaseEval(int numArgsOut, MWArray carboEval)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetPurchaseEval", carboEval);
}
public MWArray[] GetPurchaseEval(int numArgsOut, MWArray carboEval, MWArray
    purchaseAbility)
{
    return mcr.EvaluateFunction(numArgsOut, "GetPurchaseEval", carboEval,
purchaseAbility);
}

public void GetPurchaseEval(int numArgsOut, ref MWArray[] argsOut, MWArray[]
argsIn)
{
    mcr.EvaluateFunction("GetPurchaseEval", numArgsOut, ref argsOut, argsIn);
}
public void WaitForFiguresToDie()
{
    mcr.WaitForFiguresToDie();
}

#endregion Methods

#region Class Members

private static MWMCR mcr= null;

private static Exception ex_= null;

private bool disposed= false;

#endregion Class Members
}
}

```

### Base.component.ts (Frontend)

```

import { Component, OnDestroy } from '@angular/core';
import { Subject } from 'rxjs';

@Component({
    selector: 'app-base',
    template: '',
})
export class BaseComponent implements OnDestroy {
    protected unsubscribe$ = new Subject<void>();

    ngOnDestroy() {

```

```

        this.unsubscribe$.next();
        this.unsubscribe$.complete();
    }
}

```

### Login.component.ts (Frontend)

```

import { Component, OnInit } from '@angular/core';
import { FormBuilder, FormGroup, Validators } from '@angular/forms';
import { Router } from '@angular/router';
import { BaseComponent } from '@core/base/base.component';
import { AuthService } from '@core/services/auth.service';
import { NotificationService } from '@core/services/notification.service';
import { SpinnerService } from '@core/services/spinner.service';
import { ValidationsFn } from '@shared/helpers/validations-fn';
import { takeUntil } from 'rxjs';

import { UserLoginDto } from 'src/app/models/user/user-login-dto';

@Component({
  selector: 'app-login',
  templateUrl: './login.component.html',
  styleUrls: ['./login.component.sass'],
})
export class LoginComponent extends BaseComponent implements OnInit {
  public loginForm: FormGroup = new FormGroup({});

  constructor(
    private fb: FormBuilder,
    private authService: AuthService,
    private notificationService: NotificationService,
    private router: Router,
    private spinner: SpinnerService,
  ) {
    super();
  }

  ngOnInit(): void {
    this.initializeForm();
  }

  public login() {
    this.spinner.show();
    const user: UserLoginDto = this.loginForm.value;

```

```

    this.authService
      .login(user)
      .pipe(takeUntil(this.unsubscribe$))
      .subscribe({
        next: () => this.router.navigateByUrl('/main'),
        error: (err) => {
          this.spinner.hide();
          this.notificationService.error(err.message);
        },
      });
  });
}

private initializeForm() {
  this.loginForm = this.fb.group({
    email: [
      '',
      [validators.required, validators.minLength(5),
validators.maxLength(50), validationsFn.emailMatch()],
    ],
    password: ['', [validators.required,
validators.minLength(6), validators.maxLength(25)]],
  });
}
}

```

### **Login.component.html** (Frontend)

```

<div class="login-container">
  <div class="login-content">
    <h4>Sign In</h4>

    <div class="additional-sing-in">
      <app-google-button authType="signin_with"></app-google-
button>
    </div>

    <app-barrier [text]='or'></app-barrier>

    <form class="login-form" (ngSubmit)="loginForm.valid &&
login()">
      <app-input class="input email"
[formControl]="$any(loginForm.controls['email'])" [label]='email'"
placeholder="Enter your Email">

```

```

    </app-input>

    <div class="input input-wrapper">
      <app-input
[formControl]=$any(loginForm.controls['password'])"
[label]='password' [type]='password'
      placeholder="Enter your Password">
    </app-input>
  </div>

  <app-button class="margin-top"
[isDisabled]="loginForm.invalid" text="Sing In" variant="filled"
      width="100%">
  </app-button>
</form>
</div>

<div class="login-footer margin-top">
  No account? <a routerLink="/registration">Sign Up</a>
</div>
</div>

```

### **Login.component.sass (Frontend)**

```

@import "/src/styles/color"
@import "/src/styles/reusable"
@import "/src/styles/weights"

.login-container
  min-width: 305px
  height: 100%
  padding: 0 20%
  @extend .flex-column
  align-items: center
  justify-content: center

.input
  @extend .input-errors-padding

.login-content
  width: 100%
  min-width: 275px
  max-width: 400px

```

```
h4
  font-size: 24px
  @extend .title
```

```
.additional-sing-in
  @extend .flex-column
  gap: 10px
```

```
.login-form
  @extend .flex-column
```

```
.login-footer
  margin-bottom: 20px
  color: $text-light
  font-size: 14px
  font-weight: $normal-weight
```

```
a
  color: $link-color
```

```
.input-wrapper
  position: relative
```

```
  a
    position: absolute
    top: 10px
    right: 0

    font-size: 12px
    font-weight: 400
```

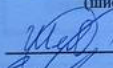
```
.margin-top
  margin-top: 15px
```


## Додаток В (обов'язковий)

## ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

«ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТА  
ПРОВЕДЕННЯ ТРЕНУВАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ.  
ЧАСТИНА 1. АНАЛІЗ ДАНИХ ТА НЕЧІТКА ЛОГІКА»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2КН-22м  
спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки»  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

  
Шелестюк Б. І.  
(прізвище та ініціали)

  
Керівник: д.т.н., професор кафедри КН  
Яровий А. А.  
(прізвище та ініціали)

« 04 » 12 2023 р.

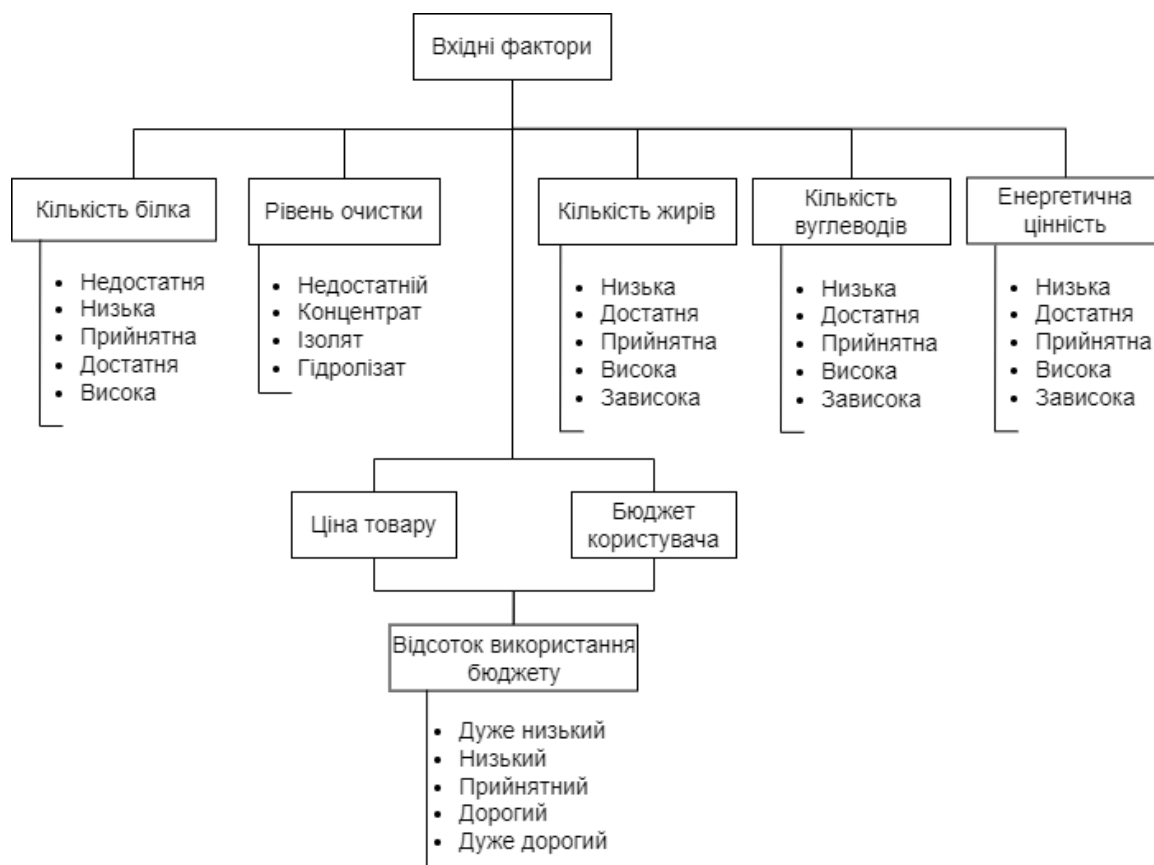


Рисунок В.1 – Структура вхідних та вихідних факторів нечіткої інтелектуальної системи

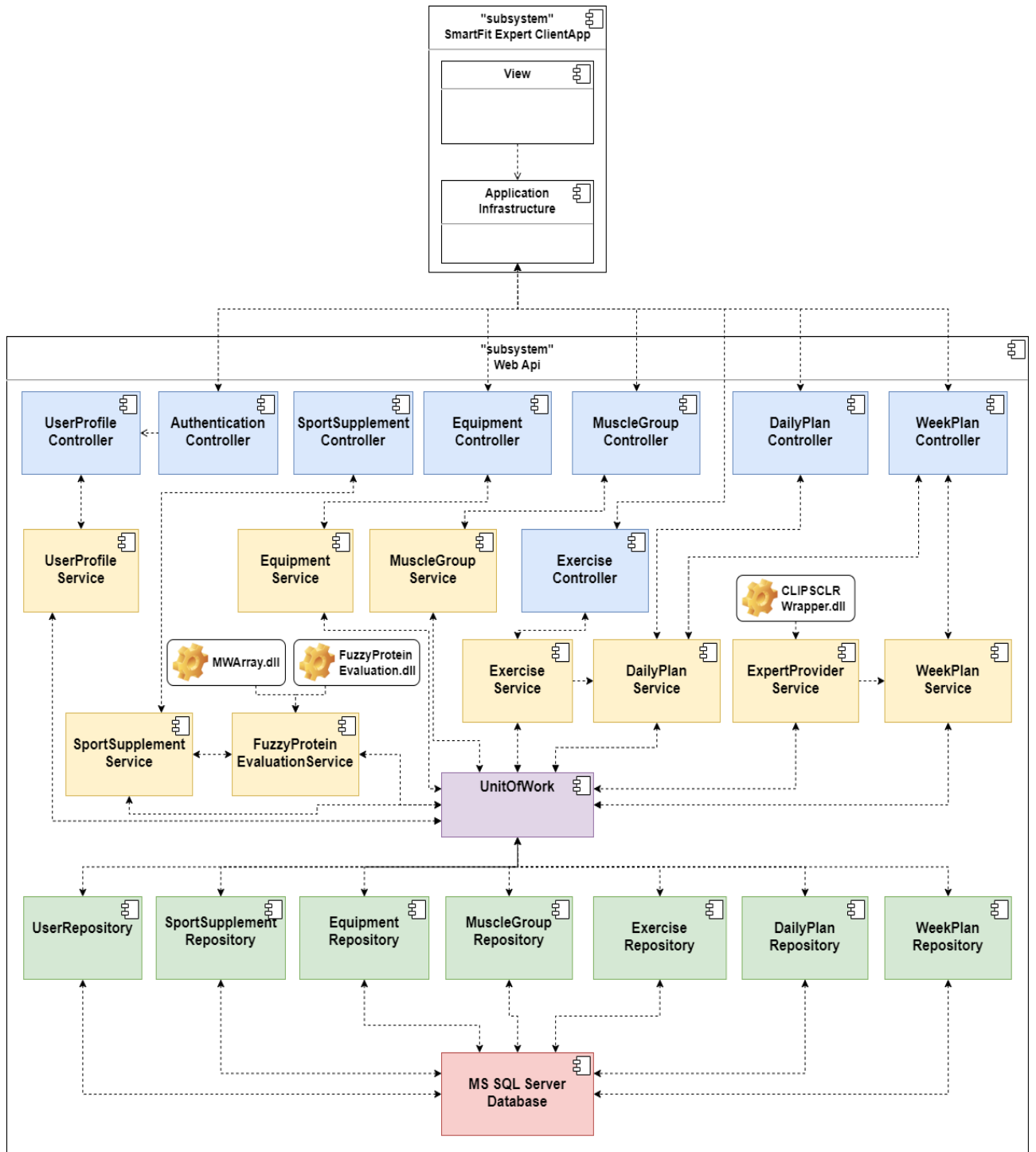
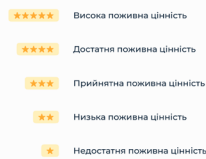


Рисунок В.2 – Діаграма компонентів інформаційної технології



## Результати аналізу вигідності покупки протеїна:

Бюджет №1: 2400,00  гривні, ₴

#	Назва	Бренд	Вигідність покупки	Оцінка	Рейтинг
1	100% Pure Whey	BioTech USA	Вигідно	70,72	★★★★★
2	Standard WPC80.eu	OstroVit	Вигідно	70,15	★★★★
3	Impact Whey Protein	Myprotein	Вигідно	66,98	★★★★
4	100% Whey Protein Professional	Scitec Nutrition	Рекомендовано	53,13	★★★★
5	ISO-100	Dymatize Nutrition	Рекомендовано	50,68	★★★★★
6	Platinum Hydro Whey	Optimum Nutrition	Рекомендовано	50,21	★★★★★
7	100% Whey Gold Standard	Optimum Nutrition	Рекомендовано	49,88	★★★★
8	Iso Whey Zero	BioTech USA	Не рекомендовано	30,75	★★★★
9	(R) Whey Blend	Rule One	Не рекомендовано	30,00	★★
10	Syntha-6	BSN	Не купувати	9,49	★

Бюджет №2: 2950,00  гривні, ₴

#	Назва	Бренд	Вигідність покупки	Оцінка	Рейтинг
1	100% Pure Whey	BioTech USA	Дуже вигідно	91,23	★★★★★
2	Standard WPC80.eu	OstroVit	Вигідно	72,67	★★★★
3	100% Whey Gold Standard	Optimum Nutrition	Вигідно	70,78	★★★★
4	100% Whey Protein Professional	Scitec Nutrition	Вигідно	70,35	★★★★
5	Impact Whey Protein	Myprotein	Вигідно	70,06	★★★★
6	Iso Whey Zero	BioTech USA	Вигідно	60,93	★★★★
7	ISO-100	Dymatize Nutrition	Рекомендовано	50,74	★★★★★
8	Platinum Hydro Whey	Optimum Nutrition	Рекомендовано	50,16	★★★★★
9	(R) Whey Blend	Rule One	Не рекомендовано	30,00	★★
10	Syntha-6	BSN	Не купувати	9,73	★

Бюджет №3: 3480,00  гривні, ₴

#	Назва	Бренд	Вигідність покупки	Оцінка	Рейтинг
1	Standard WPC80.eu	OstroVit	Дуже вигідно	91,23	★★★★
2	100% Pure Whey	BioTech USA	Дуже вигідно	90,73	★★★★★
3	Impact Whey Protein	Myprotein	Дуже вигідно	85,63	★★★★
4	100% Whey Protein Professional	Scitec Nutrition	Вигідно	72,62	★★★★
5	Iso Whey Zero	BioTech USA	Вигідно	70,76	★★★★
6	100% Whey Gold Standard	Optimum Nutrition	Вигідно	70,13	★★★★
7	ISO-100	Dymatize Nutrition	Рекомендовано	50,92	★★★★★
8	Platinum Hydro Whey	Optimum Nutrition	Рекомендовано	50,38	★★★★★
9	(R) Whey Blend	Rule One	Не рекомендовано	30,63	★★
10	Syntha-6	BSN	Не купувати	10,00	★

Рисунок В.3 – Сторінки результатів аналізу протеїнів за різними бюджетами

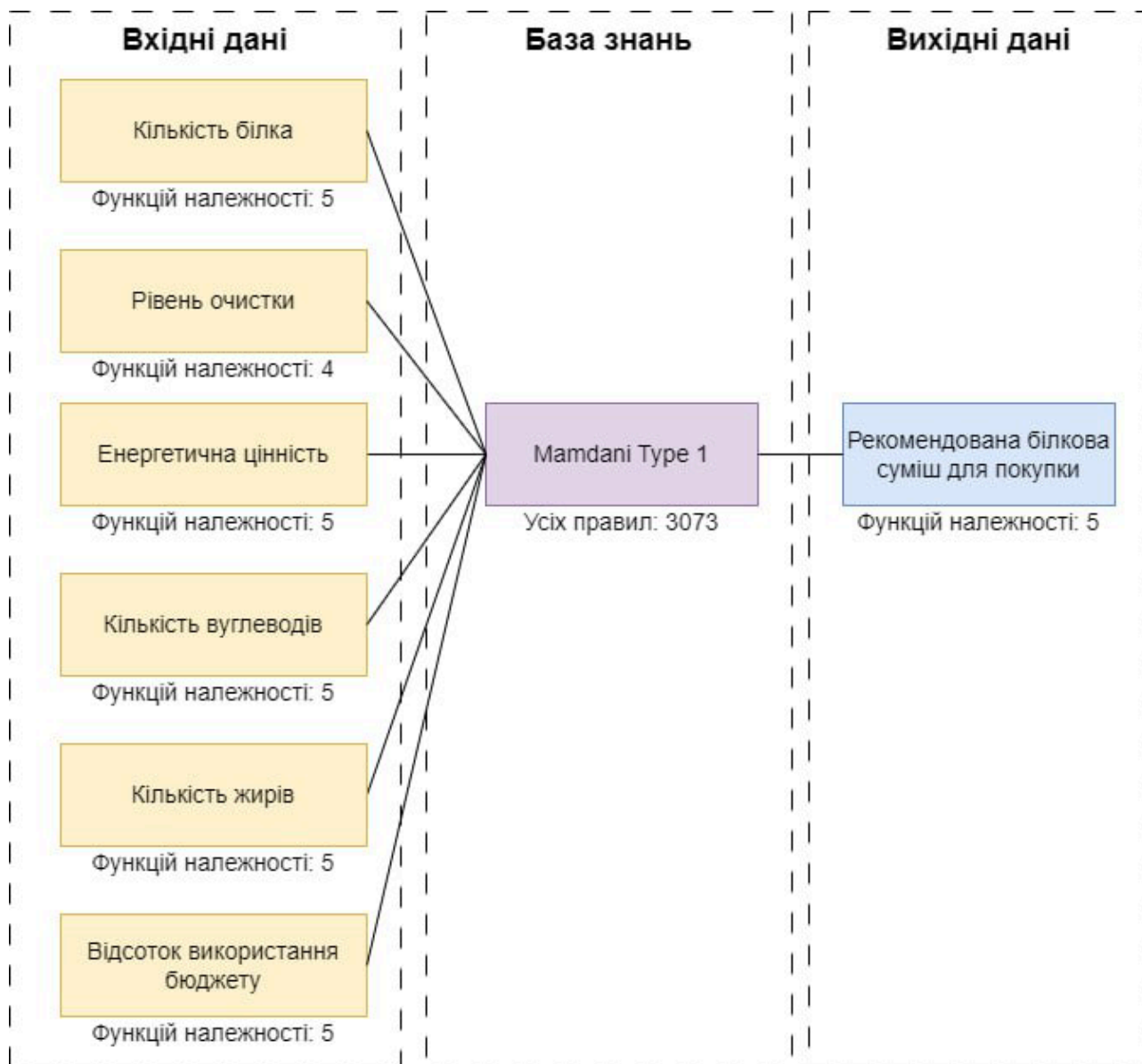


Рисунок В.4 – Узагальнена структура системи нечіткого логічного виведення для вибору протеїну

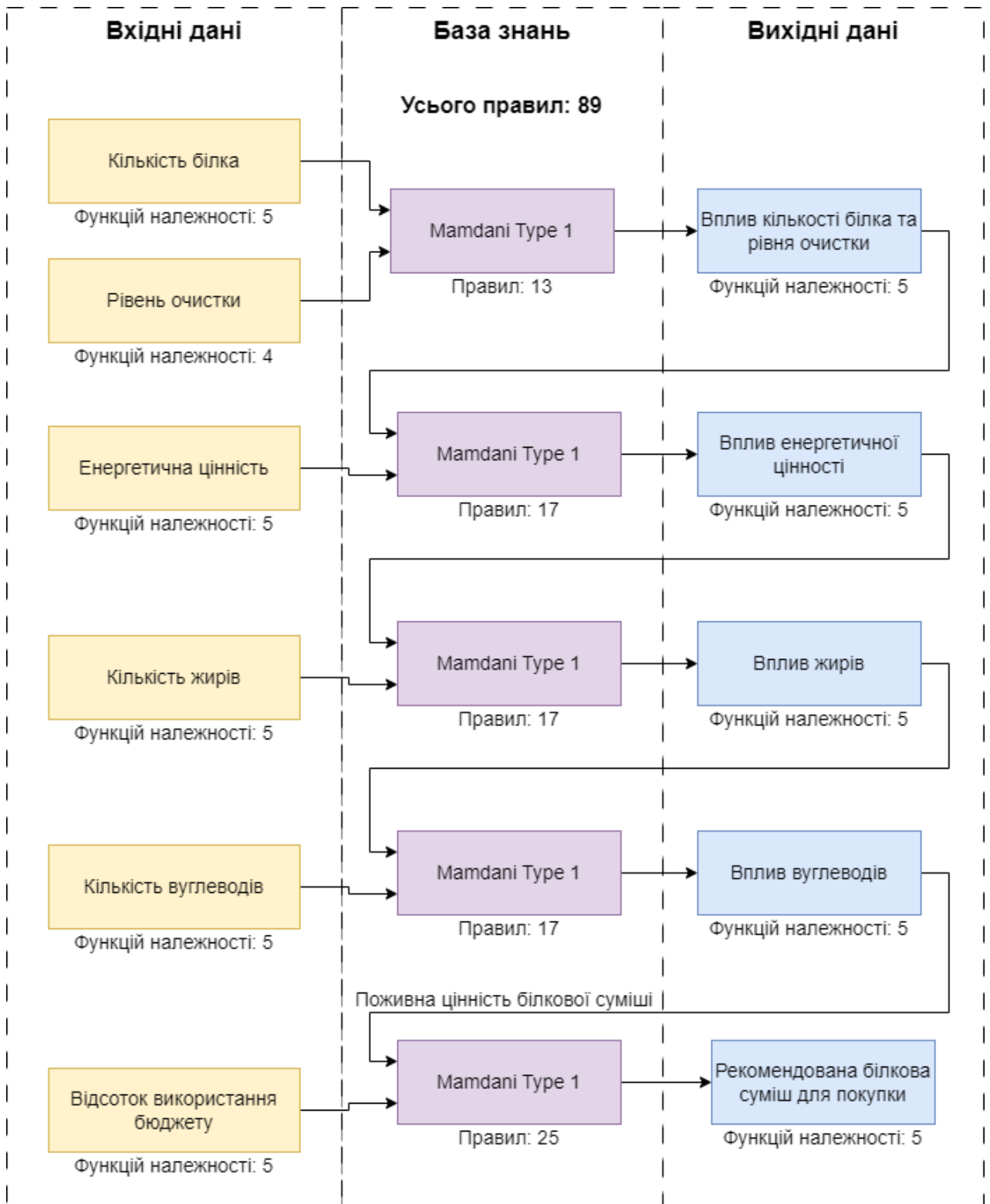


Рисунок В.5 – Структура дерева нечіткого логічного виведення для вибору протеїну

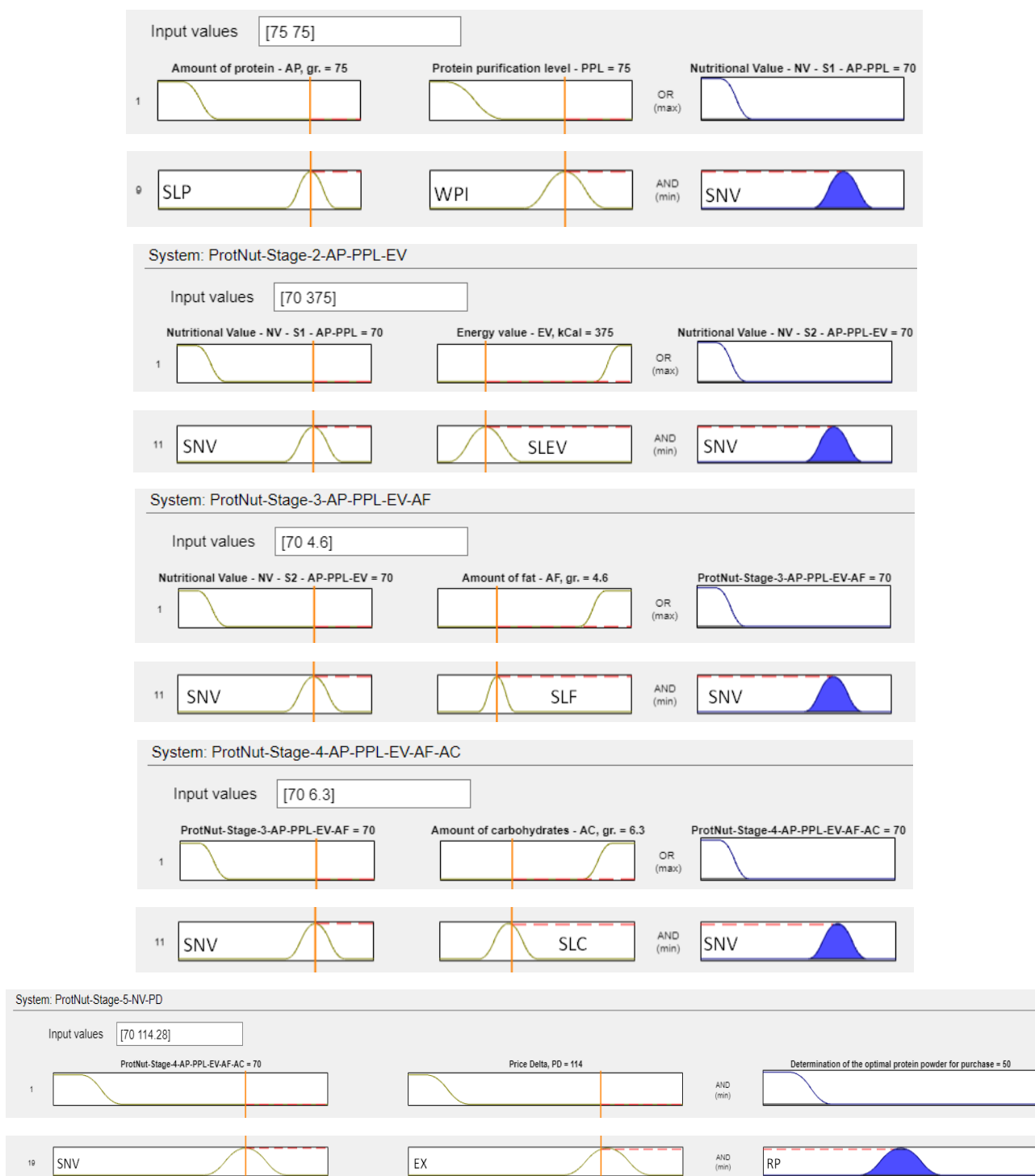


Рисунок В.6 – Результати усіх етапів нечіткого логічного виведення при визначенні вигідності покупки протеїну