

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**  
**НАВЧАЛЬНО–НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**  
Кафедра інженерії програмного забезпечення

**Пояснювальна записка**  
до магістерської роботи  
на ступінь вищої освіти магістр

на тему: «Розробка інформаційної технології підбору раціону харчування на  
основі нечіткої логіки»

Виконав: студент 6 курсу, групи ПДМ-62  
спеціальності  
121 Інженерія програмного забезпечення  
(шифр і назва спеціальності/спеціалізації)

\_\_\_\_\_  
Фурман К. Д.  
(прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
Трінтіна Н. А.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Київ –2022

# ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

## НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра Інженерії програмного забезпечення

Ступінь вищої освіти -«Магістр»

Спеціальність підготовки – 121 «Інженерія програмного забезпечення»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Інженерії програмного забезпечення

Негоденко О.В.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 року

### З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

**ФУРМАНА КИРИЛА ДМИТРОВИЧА**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка інформаційної технології підбору раціону харчування на основі нечіткої логіки»

Керівник роботи: Трінтіна Н.А. к.т.н., доц., доцент кафедри ПІЗ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від «12» жовтня 2022 року №122.

2. Строк подання студентом роботи «31» грудня 2022 року

3. Вхідні дані до роботи

Науково-технічна література з питань, пов'язаних з програмним забезпеченням щодо розробки та проведення математичних досліджень; Visual Studio Code; Документація Python; Документація NumPy;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки(перелік питань, які потрібно розробити).

4.1 Аналіз наявних математичних методів та технологій для розробки систем підбору раціону харчування на основі нечіткої логіки.

4.2 Дослідження інформаційних технологій за темою.

4.3 Реалізація інформаційної системи для підбору раціону харчування.

4.4 Опис проектування системи.

4.5 Опис використаних технологій.

5. Перелік демонстраційного матеріалу (назва основних слайдів)

1. Титульний слайд
  2. Мета, об'єкт та предмет дослідження
  3. Актуальність роботи
  4. Аналіз існуючих рішень
  5. Математична модель
  6. Результати дослідження
  7. Апробація результатів дослідження
  8. Висновки
6. Дата видачі завдання «14» жовтня 2022

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення теми магістерської роботи	14.10.2022	Виконано
2	Вивчення літературних джерел	17.10.2022	Виконано
3	Складання плану роботи	22.10.2022	Виконано
4	Узгодження плану роботи та списку використаних джерел з науковим керівником	01.11.2022	Виконано
5	Аналіз існуючих математичних рішень	03.11.2022	Виконано
6	Дослідження інформаційних технологій	07.11.2022	Виконано
7	Розробка модифікованої математичної моделі та проведення дослідження	13.11.2022	Виконано
8	Вступ, висновки, реферат	03.12.2022	Виконано
9	Розробка обов'язкових демонстраційних матеріалів	12.12.2022	Виконано
10	Попередній захист роботи	22.12.2022	
11	Здача роботи		

Студент \_\_\_\_\_  
( підпис )

Фурман К. Д.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

Трінтіна Н. А.  
(прізвище та ініціали)





## Реферат

Текстова частина бакалаврської роботи 73 с., 21 рис., 40 фор., 11 табл. , 24 джерел.

Ключеві слова: PYTHON, GIT, NUMPY, НЕЧІТКА ЛОГІКА, РАЦІОН ХАРЧУВАННЯ, ДІЄТОЛОГІЯ, МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ КАЛОРІЙ.

Об'єкт дослідження – процес підбору раціону харчування.

Предмет дослідження – методи нечіткої логіки.

Мета роботи – вдосконалити процесу підбору раціону харчування з використанням математичних моделей на основі нечіткої логіки.

Результати проведеного наукового дослідження дають зрозуміти, що використані математичні методи, алгоритмічні моделі, та програмні засоби надають можливість вдосконалити процес підбору оптимального раціону харчування з врахуванням індивідуальних потреб та особливостей людини.

Практичні значення отриманих результатів полягають в тому, що запропоновані моделі та реалізації спрощують можливість отримання якісних та збалансованих планів харчування для широкого кола людей, що дозволяє задовільнити потреби людей, допомогти вирішити загальні проблеми збалансованого харчування, отримання специфічних раціонів харчування з урахуванням проблем зі здоров'ям, на основі активності стилю життя окремої людини.

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	10
<b>1 АНАЛІЗ ДІЄТОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	13
1.1 Базові поняття про обмін речовин та енергію .....	13
1.2.1 Розрахунок витрат енергії організму на основі фізіологічних потреб .....	22
1.3 Добові витрати енергії організмом .....	23
1.4 Розрахунок потреб організму в поживних речовинах .....	26
1.5 Розрахунок рекомендованого добового відношення білків, жирів та вуглеводів .....	28
1.5.1 Метод Всесвітньої організації охорони здоров'я .....	30
1.5.2 Метод Міффлін-Сан Жеора .....	31
1.5.3 Формула Кетч – МакАрдла .....	33
1.5.4 Формула калорійності Харріса – Бенедикта .....	34
1.5.5 Формула Тома Венуто .....	35
1.6 Порівняння методів.....	36
Висновок до розділу 1 .....	40
<b>2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ</b> .....	41
2.1 Характеристика особливостей предметної області .....	41
2.1.1 Калькулятор калорій .....	42
2.1.2 Раціон харчування на основі фізичних показників .....	43
2.1.3 Інноваційні методи підбору раціону харчування .....	45
2.2 Нечітка логіка .....	45
2.2.1 Нечітке правило «якщо-тоді» .....	51
2.2.2 Модель алгоритму нечіткої логіки Мамдані.....	52
2.2.3 Метод Такагі-Сугено .....	54
2.2.4 Оператори логіки .....	55
2.3 Дефазифікація та принципи нечіткого висновку.....	55
2.4 Види нейронних мереж .....	61
2.4.1 Одношарові нейронні мережі .....	61
2.4.2 Багатошарові нейронні мережі .....	62
2.4.3 Рекурентні нейронні мережі .....	63
2.4.4 Нейронна мережа прямого поширення та перцептрон .....	64
2.4.5 Нейронна мережа Гопфілда .....	65
2.4.6 Ланцюги Маркова .....	67
2.4.7 Машина Больцмана.....	67
Висновок до розділу 2 .....	68

<b>3 ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>69</b>
3.1 Вдосконалення методу вибору оптимального раціону харчування із врахуванням індивідуальних особливостей .....	69
3.2 Розробка метода на основі нечіткої логіки .....	74
Висновок до розділу 3 .....	82
<b>Висновок .....</b>	<b>84</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>85</b>



## Скорочення та умовні позначки

BMR (Basal metabolic rate) – базовий рівень метаболізму

NEAT (Non-exercise associated thermogenesis) – термогенез не пов'язаний з фізичними вправами

EAT (Exercise associated thermogenesis) – термогенез пов'язаний з фізичними вправами

TEF (Thermogenic effect of feeding) – термогенний рівень їжі

БЖВ – білки, жири, вуглеводи

## Вступ

Здоров'я людини є однією з важливих передумов та заporук повноцінного і щасливого життя, визнано як мету та критерій для розвитку в багатьох найбільш розвинених країнах світу, які, приймають участь з Всесвітньою організацією охорони здоров'я, в реалізації спеціалізовані програми для підвищення та утримання рівня здоров'я на високому рівні.

Основні фактори що впливають на стан здоров'я людини є спосіб життя має найбільший вплив, екологічне становище навколишнього середовища, спадковість та генетика, та рівнем та станом розвитку медичної системи в окремій країні.

На основі вищесказаного зрозуміло, що стиль життя це один з головних факторів на здоров'я людини, але це комплекс факторів та для повноти розуміння необхідно розділити на окремі підpunkти а саме: фізичний стан та активність, та якісний підбор раціону харчування. Неправильне харчування є актуальною проблемою людства вже не один десяток років. Велика кількість людей байдуже відносяться до свого харчування, бо не мають необхідних знань та навичок для створити правильний та смачний раціон харчування, ще більше на це впливає зовнішні фактори останніх років, де через пандемію багато закладів працювали тільки на виніс, що ще більше збільшило популярність фаст-фудів, та масштабне військове вторгнення на територію України, через що багатьом людям довелося сидіти в сховищах та харчуватися не тим що потрібно, а тим що було під рукою.

Все це негативно впливає на стан здоров'я, та не зважаючи на ці фактори необхідно використовувати усі можливі засоби для підтримання належного харчування бо це напряду впливає на погіршення самопочуття та загального стану здоров'я. Тому для того щоб спростити навантаження на людину доцільно використати інформаційні технології.

Проаналізувавши останні дослідження можна побачити багато різноманітних розробок систем різного призначення що є як від вітчизняних так й від іноземних науковців. Але цей напрямок все ж потребує подальшого дослідження

проблематики даного питання використання інформаційних технологій в даному напрямку охорони здоров'я, зокрема оптимізації та створенню оптимального раціону харчування, проведений аналіз аналогів надає змогу зрозуміти, що вирішення проблем в цій сфері було використано досить багато різних засобів, але дослідження що використовували в основі методи та моделі нечіткої логіки не багато та в них тема не було повністю розкрита.

Виходячи з вищезазначеного, можна зрозуміти, що тема роботи актуальна.

Об'єктом дослідження є процес підбору раціону харчування.

Мета роботи – розробити інформаційну систему підбору раціону харчування на основі нечіткої логіки.

Предметом дослідження є методи та моделі нечіткої логіки.

В процесі дослідження вирішується наступні завдання:

1. Дослідження та аналіз предметної області;
2. Дослідити методи, програми, та математичні моделі для підбору оптимального раціону харчування;
3. Вдосконалення процесу підбору раціону харчування за допомогою математичних методів нечіткої логіки;
4. Проведення наукового дослідження та аналіз отриманих результатів
5. Розробка програмної системи з реалізацією метода на основі результатів наукового дослідження.

Методи дослідження – методи математичного аналізу та моделювання, методи аналізу та візуалізації отриманих даних, розробки програмного забезпечення, методи тестування.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

1. Проаналізовано існуючі математичні моделі та засоби реалізації.

2. Обрано та модернізовано існуючу математичні модель для вирішення поставленого питання наукової роботи.

3. Визначено, що використання математичних моделей на основі нечіткої логіки доцільно для досягнення поставлених завдань.

Практична значущість - результатів досліджень полягає у вирішенні проблематики поставленого питання, а саме – розробки інформаційної системи підбору раціону харчування на основі нечіткої логіки, що дозволяє спросити та удосконалити процес підбору оптимального раціону харчування на основі індивідуальних потреб людини для покращення фізичного та загального стану здоров'я людства

Результати дослідження бакалаврської роботи апробовані на Всеукраїнській науково-технічній конференції «Сучасні інфокомунікаційні технології» також стаття на тему дипломної роботи було опублікована в науково періодичному виданні «Зв'язок».

## **1 АНАЛІЗ ДІЄТОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **1.1 Базові поняття про обмін речовин та енергію**

Харчування це одна з найважливіших потреб людського організму, яка має досить важливий вплив на стан самопочуття та здоров'я. Необхідний для побудови і оновлення клітин і тканин, поповнення енергетичних витрат, відтворення та підтримання гормонально стану, та підтримання в належному стану обміну речовин в організмі.

Монотонне незбалансоване харчування, в досить невеликі терміни призводить до погіршення загально стану та самопочуття людини, здатне викликати більш тяжкі захворювання та призводить до зниження імунітету та можливості протистояти хворобам та негативним впливам з навколишнього середовища.

Від неправильного харчування в більшості випадків страдають діти, через недбалість батьків, люди з вадами руху, а також люди похилого віку через низькі пенсії, або неспроможність самотійно приготувати та підтримувати належний рівень поживних речовин в їжі й недостатнім навантаженням на м'язи. Починаючи з сьогоднішнього дня, через широке поширення інформаційних технологій, все більше і більше людей піддаються негативному впливу неправильного харчування, бо сидячий та дистанційний вид роботи що набув значної популярності, а також обмеження на пересування та відвідування закладів, призвели до значного зменшення активності людини, в цьому випадку неправильне харчування може призводити до виникнення більш складних проблем за здоров'ям.

Дані фактори напряму вказують на необхідність інформатизації даного питання та необхідності впровадження інформаційних та програмних засобів для вирішення проблематики даного питання.

Окремо потрібно зазначити, що харчування є основним з компонентів що впливають на фізичний та психологічний стан здоров'я організму людини, також харчування впливає на зменшення впливу чинників зовнішнього середовища, можливих проблем з ростом та розвитком організму у дітей, та активно впливає на довголіття життя людини, хоча потрібно зрозуміти, що для збереження всіх вище зазначених чинників в нормальному стані, одного харчування буде недостатньо, але без нього добитися поставленої мети також буде неможливо.

Тому забезпечення усього вище сказаного необхідно підтримувати необхідний рівень поживних речовин та компонентів що організм отримує від їжі, це є одним з чинників що впливає на нормальний стан життєдіяльності як окремої людини так й суспільства в цілому

Через те що організм людини це складний механізм для початку необхідно зрозуміти, а скільки ж речовин необхідно для існування, які саме речовини та як їх порахувати.

Обмін речовин, у організмі тісно пов'язані з обміном енергії. Основним джерелом енергії в організмі є окиснення харчових речовин: вуглеводів, жирів, білків. Універсальним носієм енергії в організмі є АТФ. У міжнародній системі одиниць (СІ) одиницею енергії прийнято джоуль (ДЖ). Однак у медичній практиці широко використовується та оцінка енергії в калоріях та кілокалоріях (1ккал = 4,19 кДж).

Енергетичний баланс організму розраховується із співвідношення між кількістю енергії, що надійшла в організм, і кількістю енергії, що витрачається в процесі життєдіяльності. Енергетична рівновага - витрата енергії відповідає її надходженню. Тривалий дисбаланс між надходженням енергії в організм та енерговитратами людини викликає зміну маси тіла та сприяє розвитку несприятливих зрушень у стані здоров'я.

Негативний енергетичний баланс. За даними ФАО/ВООЗ (Женева, 1987 р.), половина населення Землі перебуває у стані гострого чи хронічного голодування, понад 15 млн. чоловік щорічно вмирає від недоїдання. Початковий дисбаланс

енергії покривається з допомогою глікогену. Однак цей резерв незначний і може забезпечити енергетичні потреби організму за повного голодування тільки в межах однієї доби в умовах спокою.

Витрата вуглеводів призводить до виникнення гіпоглікемії та до подальшої мобілізації енергетичних та структурних ресурсів організму. Активується ліполіз. Енергетичні резерви в жировій тканині великі і за середнього вмісту жиру в тілі 15-20% від маси тіла становлять близько 90-120 тисяч калорій. Так, як мобілізовано, може бути до 95% жиру, тоді навіть при повному голодуванні існування організму в стані відносного спокою буде безтурботним протягом 60-80 днів. Одночасно з посиленням ліполізу активізуються процеси глюконеогенезу, спрямовані на підтримку належної концентрації глюкози у крові.

Для синтезу глюкози використовують амінокислоти, які звільняються при руйнуванні структури інших тканин. Виникає білкова недостатність, а водночас спостерігаються значні втрати солі та води., а водночас спостерігаються значні втрати солі та води.

Позитивний енергетичний баланс. Надмірне харчування неминує викликає відкладення жиру, за рахунок чого маса тіла може підвищуватися до великих величин на тлі різних морфофункціональних змін в організмі.

## **1.2 Розрахунок потреб організму в енергії**

Розрахунки потреб у організму людини в енергії є одним з найважливіших чинників що повинен покривати розтрати для збереження бажаної маси тіла та підтримання оптимального рівня для можливості забезпечення певного рівня фізичної та соціальної активності людини.

При описі процедури визначення енергопотреб пацієнта традиційно наводять три основні варіанти її проведення. Перший варіант – інструментальний – є найточнішим відображенням енергетичного балансу організму пацієнта на даний момент часу.

В даний час для інструментального визначення енергопотреб пацієнта в клініці принципово можливе використання двох методів - методу непрямой калориметрії та оцінки енергопотреб за параметрами центральної гемодинаміки. Методи непрямой калориметрії ґрунтуються на обліку газообміну організму з атмосферою.

Використовуючи газоаналізатор і спірограф (разом їх називають метаболографом), визначають кількість і газовий склад повітря, що видихається. На основі цього обчислюють кількість споживання людським організмом кисню й подальшої кількості виділення вуглекислого газу в одиницю часу. Відношення виділеного вуглекислого газу до поглиненого кисню – так званий дихальний коефіцієнт (RQ) – характеризує склад органічних речовин, що використовуються організмом для отримання енергії. Математичною основою для визначення величини енергопотреб методом непрямой калориметрії є формула Вейра:  
Енергопотреба (ккал/добу)

$$1,44 \times (3,796 \times VO_2 + 1,214 \times VCO_2) \quad (1.1)$$

де  $VO_2$  та  $VCO_2$  – поглинання кисню та виділення вуглекислого газу (мл/хв) відповідно. За допомогою непрямой калориметрії можна встановити метаболізм яких сполуки переважає у пацієнта на даний момент часу.

Незважаючи на точність визначення енергетичних потреб, метод непрямой калориметрії не знайшов широкого застосування в клінічній практиці внаслідок необхідності наявності спеціальної і дорогої апаратури і суворого дотримання цілого ряду умов для отримання достовірних результатів.. Математичний розрахунок у цьому випадку проводиться на підставі рівняння Фіка:  
Енергопотреба (ккал/добу)

$$(SaO_2 - SvO_2) \times CB \times Hb \times 95,18 \quad (1.2)$$



де  $SaO_2$  - насичення гемоглобіну киснем в артеріальній крові у %;  $SvO_2$  - насичення гемоглобіну киснем у змішаній венозній крові у %; СВ - серцевий викид в л/хв; Нв - гемоглобін у %.

Другий варіант визначення енергопотреб людини заснований на математичних розрахунках в рівняннях Харрісона-Бенедикта (Harris-Benedict), Оуена (Owen), Клейбера (Claber), Лі (Lee), Айртона-Джонса (Ayrton-Jones), Маффіна-Джеора (Muffin- Jeor). Найбільш популярним і тому постійно цитується розрахунковим способом визначення величини основного обміну є рівняння Харрісона-Бенедикта.

Метод прямої калориметрії заснований на безпосередньому обліку всієї теплопродукції організму за будь-яких енерговитрат. Випробовуваного поміщають в калориметричну камеру і за різницею температур води у трубах, що входять і виходять, камери вимірюють кількість тепла, яке виділила ця людина. Метод є найбільш точним, але складність пристрою камер та неможливість проводити в них багато дослідів обмежують коло його застосування.

Простішим і сучаснішим визначення всієї теплопродукції організму є визначення енергетичного обміну з допомогою експрес-методу, використовує тепловизионну техніку для миттєвого обліку тепловіддачі з поверхні тіла людини. При цьому поля температур шкірного обстежуваного покриву вимірюють у двох положеннях.

Метод аліментарної енергометрії заснований на існуючій залежності між енерговитратами, кількістю їжі, що фактично споживається, і масою тіла. Визначення енерговитрат складається з щоденного спостереження за динамікою маси тіла в контрольованій групі протягом 7-10 днів, і щоденного точного обліку енергетичної цінності з'їденої їжі. При стабільності маси тіла середня величина споживання енергії є середньою величиною енерговитрат за період дослідження.

Білки є однією з трьох найважливіших компонентів що необхідно для підтримання життєдіяльності організму, дану сполуку можна вважати таким собі видом незамінної цегли для організму адже саме білки є замінним компонентом

підчас розвитку та росту людини, недостатній рівень білка в організмі в значній мірі уповільнює процес розвитку м'язового шару людини.

За своєю структурою білки досить складна сполука яка складається з різних компонентів та амінокислот, до яких відносять як замінні амінокислоти так й незамінні, білок також приймає участь в процесу синтезу гормонів, що сильно впливає на організм в цілому, на синтез ферментів та багатьох імунних тіл, та як й інші речовини зменшує вплив негативних зовнішніх чинників на організм та призводить до підвищення продуктивності роботи організму.

В випадках нестачі білку в організмі, або в порушення обміні речовин в організмі що впливає на процеси засвоюваності даної сполуки організмом є однією з причин до появи хвороби пов'язаних зі змінами в функціонуванням організму, також це може призвести до порушення жирового обміну.

Білок є важливою сполукою, саме тому на основі багатьох наукових досліджень було знайдено необхідну потребу організму людини в білках, так для дорослої людини добова норма прийому білку є в районі 11 – 15% від загального прийому усіх поживних речовин. Для більш простого розуміння потреби було винайдено середня потреба на кіло ваги людини, так для задовільнені потреб для дорослого необхідно 1-1,8 г білка на кіло, для дитини цей показник значно вищий через активний росту та становить 2,5-4г, але дані значення артільні при помірному рівні активності, так якщо людина активно займається спортом та має намір збільшити боєм м'язів, потреба білка може значно збільшитися, та досягнути рівня потреб дитини.

Незамінні амінокислоти, є вкрай важливим компонентом зі складу білків, білки без даних амінокислот зазвичай вважають неповноцінними, через неналежний рівень засвоєння організмом, так тваринний білок, який має необхідні амінокислоти може засвоюватися в повному об'ємі в той час як білки рослинного походження може засвоюватися лише на 40-60% що є досить низьким показником та неафективним, саме тому вегани та вегетаріанці повинні більш ретельно ставитися до підбору раціону харчування.

Жири наступна необхідна сполука, яка також необхідна для організму, але може також й нашкодити йому, адже у жирів є декілька категорій, тому в розумінні звичайної людини жири є зайвою компонентною речовиною яку необхідно викреслити з раціону якщо ціль схуднути, але це помилка.

Ці сполуки грають велику роль роботі нашого організму. Насамперед, жири — важливе джерело енергії кожної клітини тіла.

Саме тому нам так подобаються жирні продукти. Для наших пращурів вони були запорукою виживання. Якщо при нестачі їжі вдалося відхопити жменю жирних горіхів або шматок м'яса — значить, у тебе вистачить енергії, щоби пережити холодну ніч, полювати і залишити потомство. А якщо довелося задовольнятися ягодами та обгладжувати худу пташину ногу — на злягання просто не буде сили. Всі ми, що навіть сидять на строгій дієті, - спадкоємці стародавніх любителів жирів. Неусвідомлене прагнення з'їсти висококалорійні продукти в крові.

З точки зору цінності для організму ці речовини можна розділити на три типи: корисні, шкідливі та проміжний, дещо спірний варіант. Пройдемося по кожному.

Слово «насичений» у разі відноситься до кількості атомів водню, що оточують кожен атом вуглецю. Їх багато, жир багатий на них, тому має стійку кристалічну структуру.

Завдяки цьому речовина не тече, зберігає твердість за кімнатної температури. Класичні приклади продуктів, у яких багато насичених жирів: сало, смалець, жирне м'ясо, бекон, ковбаси, вершкове масло, сметана від 20%, сири, кокосове та какао-олії.

Довгий час вважалося, що насичені жири шкідливі — нібито вони збільшують ризик серцево-судинних захворювань. Однак потім з'явилися нові дані. Як показало масштабне дослідження за участю понад 135 тисяч осіб, по серцю б'ють насамперед вуглеводи. Якщо зменшити їх кількість у раціоні,

збільшивши при цьому відсоток жирів, смертність від серцево-судинних захворювань навіть знизиться.

Ненасичені жири в таких сполуках атомів водню обмаль. Тому ненасичені жири менш стабільні та мають плинний, рідкий вигляд

З продуктів, багатих на такі речовини, ви отримуєте в тому числі незамінні жирні кислоти омега-3 і омега-6. Це, наприклад:

– всі рідкі рослинні олії - соняшникова, оливкова, кукурудзяна, лляна, соєва, авокадо і так далі;

– горіхи: волоські, фундук та інші;

– жирна риба: лосось, скумбрія, сардини.

Ненасичені жири знижують рівень «поганого» холестерину в крові, нормалізують тиск, зменшують ризик захворювань та добре впливають на обмін речовин, дозволяючи всім органам та системам працювати, як треба.

Трансжири одержують з ненасичених, додаючи до них атоми водню (цей процес називається гідрогенізацією). Завдяки цьому речовина з рідкого стає твердою, але набуває такої структури, яку людський організм просто не може засвоїти.

В результаті транс жири не приносять жодної користі: вони не беруть участь у засвоєнні вітамінів, виробництві клітинних мембран, інших важливих для здоров'я процесах. Зате шкодять організму:

– підвищують рівень "поганого" холестерину в крові;

– збільшують ризик інфарктів та інсультів;

– сприяють розвитку діабету;

– стають причиною хронічних запальних процесів;

– можливо, викликають рак.

Тому так важливо знати, в яких продуктах міститься найбільше штучно синтезованих жирів-мутантів. Уникайте магазинної випічки, фаст-фуду, виробів із замороженого тіста (включаючи піцу), печива, тортів, безматочних вершків для кави.

Вуглеводи, один з компонентів що здатні дуже швидко й ефективно забезпечити організм необхідною енергією, через високу швидкість окислення та засвоєння організмом. Для звичайної людини, що не використовує досить сумнівні експериментальні дієти вуглеводи мають бути основним джерелом для отримання калорій та енергії в цілому, тому що добові потреби в вуглеводах в декілька разів вищі за аналогічні потреби білку та жирів.

На один грам вуглеводів припадає майже 17 кДж або 4 ккал, що набагато більше в порівнянні з іншими речовинами та сполуками, так якщо людина за добу отримає близько 500 грам вуглеводів то організм отримає майже 2000 ккал, що є мінімальною нормою для багатьох чоловіків при помірному рівні активності.

Вуглеводи також приймають активну участь в забезпеченні засвоюваності інші сполуки, приймають активну участь в обміні речовин. Але потрібно розуміти, що зазвичай запаси вуглеводів в організмі майже відсутні, та дуже швидко вичерпуються.

Зазвичай в випадках надмірного надходження вуглеводів в організмі починають утворюватися жири, для розуміння потрібно зазначити, що в одиночних випадках це не призведе до утворення жиру, але в випадках постійного профіциту, це неодмінно призведе до процесу створення додаткових жирових тканин.

Зворотнім процесом, можна назвати постійний контрольований дефіцит вуглеводів, в даному випадку організм для нормалізації потреб почне використовувати вуглеводи з м'язів та жирів, саме тому в випадку, якщо головна ціль позбавитися зайвих кілограмів, необхідно підійти дуже ретельно до цього процесу, адже наш організм в першу чергу починає оптимізувати процеси та намагається зменшити витрати, за рахунок зменшення м'язів, тому тільки в випадку з контрольованим дефіцитом можливо зробити так, щоб використовувалися саме запаси з жиру.

Також важливим фактором впливу вуглеводів є ретельне розуміння даної сполуки, адже її можна розділити на два види. Першою є складні вуглеводи,

перевагою даної сполуки є час засвоєння організмом, та довгострокове насичення організму необхідною кількістю енергії та втамувати голоду на великий проміжок часу. До складних вуглеводів зазвичай відносять бакалійну продукти такі як крупи, макарони та інші.

Швидкими вуглеводами вважають більшу частину продуктів, головний недолік даних сполуки в тому що організм швидко засвоює їх, тому це дозволяє швидко втамувати голод та забезпечити енергією на невеликий проміжок часу. До цього можна відвести сахари, солодке, випічку, пластівці та багато іншого, так білий рис вважається швидкими вуглеводами, що не підходять для тих хто планує схуднути, тому краще використати його різновид в вигляді бурого рису.

Але головний недолік також є й перевагою, адже в випадках надмірних та довгих навантажень це єдиний спосіб швидкого отримання енергії та для продовження виконання справи. Саме тому, під час довгих марафонів досить часто можна побачити як спортсмени роблять перерив на солодкий напої, або якийсь солодкий батончик, що містить багато швидких вуглеводів.

До особливих властивостей вуглеводів також можна відвести важливість вуглеводів в процесі отримання та засвоєння необхідних волокон, так вуглеводи приймають участь в зав'язанні холестерину отриманого з їжі, активно стимулюють процес травлення та роботи кишечника та активно приймають участь в виведенню з організму токсинів.

Так виходить, що добова частка вуглеводів при збалансованому раціону повинна становити близько половини добової норми калорій, що отримує організм з їжі, де іншу частину ділять між собою білки та жири, де перші мають більшу частку над другими.

### **1.2.1 Розрахунок витрат енергії організму на основі фізіологічних потреб**

Необхідним кроком для детального розуміння потреб людини в речовинах та елементах є витрати, саме на основі витрат й складається розробка раціону

харчування, бо мета головної мети раціону харчування задовольнити потреби, але й не створити дефіцит, що в свою чергу буде мати пагубний вплив на організм та призведе до утворення зайвого жирового шару.

Хоча жир є необхідною складовою нашого організму, його надлишок має негативний ефект на стан здоров'я в цілому, бо окрім відкладання у верхніх шарах який ще називають підшкірний жир, ще є вісцеральний жир, що відкладається в черевній порожнині людини та в випадку коли кількість даного жиру буде виходити за допустимі рамки, це буде мати негативний вплив на органи, що з часом може призвести до більш тяжких проблем.

### **1.3 Добові витрати енергії організмом**

Процеси що підтримують життєдіяльність організму не на секунду не припиняються, наш мозок навіть коли ми спим, продовжує працювати, а справжній відпочинок відбувається тільки в фазі глибокого сну.

Тому навіть коли ми нічого не робимо, спимо, або відпочиваємо лежачи з закритими очима, наш організм витрачає енергію що отримав з їжі, так в нашому організмі завжди працює серце, легені та він підтримує належну температуру тіла, та на інший досить великий спектр функцій життєзабезпечення.

Також потрібно розуміти, що навіть на засвоєння та переваження їжі організм повинен використати енергію, й чим важча їжа, тим більше енергії буде використано.

Так, якщо людина майже не рухається та весь час сидить на місці, загальні витрати на життєдіяльність можуть бути вищими ніж на фізична активність за добу, але розумова активність також потребує багато енергії.

Витрати енергії зазвичай розраховують в кілоджоулях, але для звичайної людини звично використовувати калорії, так  $1 \text{ кДж} = 0,24 \text{ к}$  та  $1 \text{ к} = 4,2 \text{ кДж}$ .

Якщо порівняти середні витрати калорій між чоловіками й жінками, то можна побачити, що чоловіки використовують більше, це зумовлено загальними відмінностями між статтю, в рості та кількості м'язів.

На витрати енергії впливають не лише загальні властивості кожної окремої людини, ай також багато зовнішніх факторів:

- Температура зовнішнього середовища
- Психологічний стан
- Стан гормонів
- Наявність хвороби та прийом лікарських засобів
- Активність нервової системи

Під час сну людина в середньому використовує на 10% менше енергії, ніж в стані спокою в часи бадьорості, але незважаючи на це, витрати під час сну, стані спокою, та витрати на базові потреби життєдіяльності, зазвичай подаються як синоніми, та в більшості випадків мають одне значення при розрахунках.

Маса тіла це один з найбільших факторів що впливає на витрати енергії, але тут потрібно розрізняти суху масу, та жирові тканини, під першим мається на увазі масу скелету, м'язів, органів. Так загальні витрати на один грам сухої маси значно більші ніж на грам жиру. Саме тому дві людини з однією вагою, але з різним відсотком жиру будуть при однаковій активності використовувати різну кількість енергії. Але дане твердження актуально тільки при виконанні фізичних навантажень, в той час як під час перебування в стані спокою це не вплине, тому різниця буде залежати від особливостей організму.

Як вже було зазначено, на перетравлення також витрачається енергія, в залежності від складу їжі витрачається різна кількість енергії, для перетравлення збалансованого раціону харчування витрачається близько 10% добових витрат калорій, в залежності від складу їжі, час на перетравлення відрізняється, але в людей без проблем з травленням в більшості випадків на це витрачається близько чотирьох годин.



Оскільки енергетичні цінності та засвоюваність поживних макроелементів різняться від продукту до продукту, зручно використовувати стандартизовані середні енергетичні цінності та засвоюваність харчових макроелементів у разі змішаної їжі.

Крім того, індивідуальне засвоєння макроелементів значно варіюється залежно від конкретної їжі, способу приготування та кишкових факторів. Оцінки енергетичних потреб у дорослих ґрунтуються на витратах енергії в стані спокою та витратах енергії під час певного рівня фізичної активності.

Фізична активність – до фізичної активності можна віднести будь-які рухи тілом, який призводить до додаткових витрат енергії порівняно з витратами основного обміну речовин. Фізична активність, підтип фізичної активності, — це добровільна поведінка, яка позитивно впливає на фізичне, психічне та соціальне благополуччя.

Щоденна фізична активність – це загальна енергія, споживана основним метаболізмом, яка представляє загальне добове споживання енергії організмом. Визначені таким чином рівні фізичної активності пов'язані з добовими витратами енергії та масою тіла.

Під терміном метаболічний еквівалент мається на увазі всі види діяльності людини, що так чи інакше призводять до використання м'язів та відносяться до терміну фізична активність, який було розглянуто вище.

Будь-який вид людської діяльності важливий, і при підрахунку добових витрат енергії слід враховувати час, що було витрачено на будь-який вид діяльності, в даному випадку розумовий також потрібно не забувати врахувати розумовий вид діяльності.

Рекомендовані значення енергетичних потреб базуються на нормальній масі тіла, її стабільності та енергетичному балансі. Але вони також для працюють з будь-яким балансом маси тіла, як позитивним так й негативним..

## 1.4 Розрахунок потреб організму в поживних речовинах

Маючи необхідні знання стосовно витрат енергії та розуміння базових принципів роботи організму можна переходити до наступного етапу, а саме розрахунок потреб людини в калоріях, та головних речовинах, а саме білках, жирах, та вуглеводах.

Але для початку потрібного зрозуміти, де брати вихідні дані для подальшого розрахунку, тут вже на допомогу приходять законодавство країн, де є чітку пункти що злущують виробників продуктів харчування та всі заклади що пов'язані з харчуванням проводити дослідження та вказувати на етикетках, або в меню закладу склад та поживну харчову цінність продукту. Це виправданий крок який дуже полегшує життя покупцям та надає змогу в простому вигляді підібрати продукти що задовольняють потребам людей.

Хоча, для окремих продуктів які складаються з небагатьох компонентів самостійно порахувати ці показники не важко, але на полках магазину можна знайти багато продуктів які мають десятки складників, в таких випадках самостійно не маючи необхідного обладнання порахувати поживну харчову цінність майже не представляється можливим.

Адекватність індивідуального харчування можна оцінити розрахунковим способом – по меню-розкладці. З цією метою визначається калорійна цінність добового раціону, якісний його склад за вмістом білків, жирів, вуглеводів, мінеральних речовин та вітамінів.

Розрахунковий метод дозволяє оцінити і збалансованість добового раціону щодо співвідношення жирів, білків, вуглеводів, їх калорійної квоти, збалансованості білкового, жирового та вуглеводного компонентів, а також мінеральних речовин.

Адекватність харчування оцінюється шляхом зіставлення: калорійності раціону та добових енерговитрат; вмісту поживних речовин – вуглеводів, жирів,

білків – з фізичними потребами людини; вмісту мінеральних речовин та вітамінів з нормами фізіологічних потреб населення України 1999 року.

Для оцінки збалансованості раціону розраховується: співвідношення білків, вуглеводів, жирів, причому за одиницю береться кількість білків; визначається питома вага білків та жирів тваринного та рослинного походження; монодисахаридів та полісахаридів (крохмалю, клітковини, пектинових речовин); співвідношення Ca: P, Ca: Mg.

Меню-розкладка це засіб що використовують для наглядного зображення став що входять в меню та головні характеристики окремої страви, а саме які продукти входять до складу даного блюда, загальна вага, кількість та склад вітамінів що входять до даного меню, а також загальний вміст головних трьох поживних речовин таких як білки, вуглеводи та жири.

Також варто пам'ятати, особливості складання меню-розкладки, а саме те що загальна харчова цінність вимірюється в вагах нетто, але потрібно розуміти що в продуктах різного походження, різна ступінь засвоювання організмом а саме, продукти тваринного походження мають більший ступінь засвоюваність та сягає майже - 95%, в той час як для продуктів рослинного походження середній показник засвоювання складає – 80%. В даному випадку варто використовувати змішаний варіант, адже коли пропорції в страві будуть дорівнювати близько 1 до 2 де 1- добути з тварин, та 2 – продукти добути з рослин, засвоєння страви в цілому буде дорівнювати близько 85-90%. Під час розрахунку досить часто прийнято застосовувати саме 90% але в випадку коли потрібна більша точність вказують допустимий діапазон.

Енергетична цінність певної ваги кожного продукту виявляється у ккал або кДж і підсумовується за добу. Можна визначити її шляхом множення сумарної кількості білків, жирів, вуглеводів за добу на калорійні коефіцієнти (білки, вуглеводи – 4 ккал, жири – 9 ккал).

## **1.5 Розрахунок рекомендованого добового відношення білків, жирів та вуглеводів**

Для грамотного розрахунку вже є досить багато формул та методів, адже проблема в підрахунку та підборі правильного раціону виникла вже багато років тому, кожен метод має свої переваги та недоліки в порівнянні з іншими, саме тому є потреба в заглибленні в цей аспект, адже від цього буде залежати подальше проведення дослідження.

Досить довго досліджень на дану тему не відбувалось, але це виправили у 1991 році, коли ботанік Джеймсон Артур Хоррісон та біохімік-фізіолог Френсіс Гано Бенедикт в перше в історії того часу провели дослідження та ввели в науковому розумінні такі поняття як активний та базальтовий метаболізм. Також під час даного дослідження було виведено ряд формул, для розрахунку вище зазначених показників, також було реалізовано ряд залежностей що неодмінно впливали на отриманий результат, а саме було використано такі показники як стать людини, ріст та вага, вік.

Наукове дослідження та кінцеві результати було опубліковано в Вашингтоні, де вона зробила сенсацію та стала основою для проведення багатьох наступних наукових досліджень, окрім цього дані з даної роботи активно почали використовувати в медицині для розрахунку необхідної кількості калорій для оптимальної роботи організму людини під час хвороби та процесу реабілітації. Це дозволило удосконалити процес підбору раціону харчування для пацієнтів, а вже згодом дані методи почали використовувати й в дієтології для розрахунку оптимальної кількості калорій та необхідних речовин для підтримання, зменшення або набору ваги.

Вже згодом Міністерство сільського господарства США, було проведено власне дослідження так на його основі було розроблено чіткі рекомендації стосовно добової кількості необхідних речовин та нутрієнтів, так було зазначено що для раціону харчування в 2000 калорій має використовуватися такий набір

продуктів, щоб загальна кількість білків була 91 грам, жирів порядком 65, а також налічувало 271г вуглеводів. Також було представлено їх базове співвідношення для більш збалансованого типу обміну поживних речовин в організмі людини.

В даному випадку зазначається що загальний вміст речовин в раціоні харчування людини має мати наступні співвідношення:

- білки: 30% де 1грам – 4 ккал;
- жири: 30% де 1 грам – 9 ккал;
- вуглеводи: 40% де 1 грам – 4 ккал.

Але це не абсолютні значення, тому для різних статей та для людей с різними рівнями активності життя, та цілями дана норма корегується.

Так для жінок в залежності від типу метаболізму було рекомендовано використовувати наступні показники зображені в таблиці

Таблиця 1.1 – співвідношення білків, жирів, вуглеводів за рекомендацією Міністерство сільського господарства США для чоловіків

Мета та стиль життя	Співвідношення бжв
40-50 років інтелектуальна праця	33-25-42
Важкі фізичні навантаження	27-23-50
Схуднути та набрати м'язи	30-15-55

Для кращого розуміння даного методу краще розглянути приклад:

Необхідно розрахувати співвідношення білків, жирів та вуглеводів в загальному вигляді, без вказання цілей для людини з нормою в 1700 калорій.

- Білки  $(0,3 \cdot 1700) / 4 = 127,5$
- Вуглеводи  $(0,4 \cdot 1700) / 4 = 170$
- Жири :  $(0,3 \cdot 1700) / 9 = 56$

Таблиця 1.2 – співвідношення білків, жирів, вуглеводів за рекомендацією Міністерство сільського господарства США для жінок

Метаболізм або поставлена ціль	Співвідношення бжв
Білковий метаболізм	50-30-20
Вуглеводний метаболізм	52-15-60
Зниження загальної маси тіла	40-20-40
Формування м'язового рельєфу	47-23-30
Втрата ваги та формування м'язів	30-20-50
Втрата ваги та формування м'язів	30-20-50

### 1.5.1 Метод Всесвітньої організації охорони здоров'я

Методика Всесвітньої організації охорони здоров'я також розробила свій набір формул та методів для підрахунку добової потреби калорій для людини, хоча метод налічує 6 формул та 3 додаткові коефіцієнти, й метод важко назвати простим для використання та розуміння, його теж варто розглянути.

Таблиця 1.3 – Формули розрахунку добової потреби в калоріях метод ВООЗ

Стать та вік	Формула ВООЗ
Жінки 18-30 років	$(0,062 * w + 2,036) * 240 * x$
Жінки 31-60 років	$(0,034 * w + 2,538) * 240 * x$
Жінки 60+ років	$(0,038 * w + 2,755) * 240 * x$
Чоловіки 18-30 років	$(0,063 * w + 2,896) * 240 * x$
Чоловіки 31-60 років	$(0,484 * w + 3,653) * 240 * x$
Чоловіки 60+ років	$(0,491 * w + 2,459) * 240 * x$

Де, x - коефіцієнт фізичної активності вказано в таблиці 1.2, w – вага.

Таблиця 1.4 – Коефіцієнти активності в залежності від стилю життя для формули ВООЗ

Ступінь активності	Коефіцієнт активності
Низка активність	1
Середня активність	1,3
Висока активність	1,5

Результатом використання даних формул є загальна добова кількість калорій рекомендована до споживання людині. Потрібно зробити зауваження, адже ця кількість калорій рекомендована саме для підтримання ваги на даному рівні з врахуванням способу життя. У випадку коли є бажання змінити вагу, значення калорій має бути змінене.

При цьому для зниження ваги ВОЗ рекомендують скорочувати фактичну калорійність раціону харчування на 500 ккал на місяць доти, доки вона не стане на 500–300 ккал нижче за добову потребу.

Проте дані рекомендації було розроблені дуже давно, за цей час світ досить сильно змінився, екологія, якість харчування та продукти, за цей час з'явилося поняття фаст-фуд.

Також протерпіли суттєвих змін тренажерні зали та фізична можливість займатися спортом, навіть дієтологічні меню що видавалися пацієнтам при певних проблемам зі здоров'ям, за останні сто років протерпіли значних змін та були адаптовані під потреби сучасності.

Зазначені вище фактори неабияк вплинула на розвиток даної галузі медицини та людства в цілому, та стало основою для багатьох наукових досліджень.

### **1.5.2 Метод Міффлін-Сан Жеора**

Даний метод був розроблений та представлений в 1990р по собі базується на методі Френсіса Бенедикта та Джеймса Харрриса, його розробкою та

дослідженням займалися 5 співробітників Університету Невади Рено, загалом в ході експерименту прийняли участь близько 500 осіб, серед яких були чоловіки, жінки та люди з надмірною так й з недостатньою вагою. Формула має наступний вигляд:

$$(10 * w) + (6,25 * l) - (5 * a) - 161 \quad (1.3)$$

Де  $w$  – вага в кілограмах,  $l$  – зріст в см,  $a$  – вік в роках, для жінок.

$$(10 * w) + (6,25 * l) - (5 * a) + 5 \quad (1.4)$$

Де  $w$  – вага в кілограмах,  $l$  – зріст в см,  $a$  – вік в роках, для чоловіків

Формула також враховує фізичну активність, виходячи з якої цифра, що вийшла, множиться на певний коефіцієнт.

Таблиця 1.5 – Коефіцієнти активності в залежності від стилю життя для формули Міффлін-Сан Жеора

Ступінь активності	Коефіцієнт активності
Сидячий образ життя	1,2
Помірна активність	1,375
Середня активність	1,55
Велика активність	1,725
Професійні заняття спортом	1,9

Основним недоліком даного метода є те що для розрахунків не використовують відношення тканин до жиру, цей параметр вкрай важливий адже від метаболізму залежить потреби в енергії, так для швидкого потрібно більше енергії, й менше для повільного. В свою чергу кількість м'язових тканин це один з чинників змін стану метаболізму.



### 1.5.3 Формула Кетч – МакАрлда

Дана формула в своїй основі враховує відсоток жирових тканин організму, але не враховує інші фізичні показники, – мається на увазі, що ці показники можуть бути враховані щодо вмісту жиру. Це надало можливість спростити формулу, але для отримання бажаного результату, ці дані необхідно враховувати окремо.

Формула значна простіша для розуміння за попередні:

$$\text{БМ} = 370 + 21,6 * x \quad (1.5)$$

Де "x" - це маса тіла за вирахуванням жиру. Для розрахунку вмісту жиру можна використати інтернет калькулятор, або спеціальні розумні ваги, які в більшості випадків мають відповідну функцію та непогано справляються з даною задачею.

Вважається найбільш точною з подібних формул, але, її використання скористатися, потрібно знати свій відсоток жиру.

$$\text{BMR} = 370 + (21.6 * \text{LBM}) \quad (1.6)$$

$$\text{LBM} = (b * (100 - f)) / 100 \quad (1.7)$$

де b – вага в кілограмах, f – відсоток жиру.

Щоб отримати фінальне значення своєї денної калорійності, потрібно помножити отриманий BMR коефіцієнт, який буде відповідати вашої фізичної активності.

Таблиця 1.6 – Коефіцієнти активності в залежності від стилю життя для формули Кетч-МакАрлда

Ступінь активності	Коефіцієнт активності
Сидячий образ життя	1,1-1,2
Легка активність	1,3-1,4
Середня активність	1,5-1,6
Велика активність	1,7-1,8
Професійні заняття спортом	1,9-2,0

#### 1.5.4 Формула калорійності Харріса – Бенедикта

Одна з найперших та найпопулярніших формул, що використовувався майже століття, але через значні зміни в екології та технічного та фізичного прогресу, дана формула не є актуальною, адже кінцеві показники завжди більші за необхідні майже на 10%.

$$(66,5 + (13,75 * w) + (5,003 * l) - (6,755 * a)) * c \quad (1.8)$$

Де  $w$  – вага в кілограмах,  $l$  – зріст в см,  $a$  – вік в роках,  $c$  – коефіцієнт активності, формула для чоловіків.

$$(655 + (9,563 * w) + (1,850 * l) - (4,676 * a)) * c \quad (1.9)$$

Де  $w$  – вага в кілограмах,  $l$  – зріст в см,  $a$  – вік в роках,  $c$  – коефіцієнт активності, формула для жінок.

Важливо, що у 1984 р була оприлюднена ще одна формула визначення базального метаболізму - це виправлені обчислення, точніше враховують вік. Але, по суті, можна використовувати обидва методи обчислення. І виглядають ці формули так:

$$(447,56 + (9,25 * w) + (3,1 * l) - (4,33 * a)) \quad (1.10)$$

Де  $w$  – вага в кілограмах,  $l$  – зріст в см,  $a$  – вік в роках,  $c$  – коефіцієнт активності, формула для жінок.

$$(88,36 + (13,4 * w) + (4,8 * l) - (5,68 * a)) * c \quad (1.11)$$

Де  $w$  – вага в кілограмах,  $l$  – зріст в см,  $a$  – вік в роках,  $c$  – коефіцієнт активності, формула для чоловіків.

Усі формули потребують обліку фізичного навантаження та вводять такі коефіцієнти, які представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.7 - Коефіцієнти активності в залежності від стилю життя для формули Херріса-Бенедикта

Ступінь активності	Коефіцієнт активності
Сидячий образ життя	1,2
Легка активність	1,3
Середня активність	1,6
Велика активність	1,7
Професійні заняття спортом	1,9

### 1.5.5 Формула Тома Венуто

Дана методика розрахунку калорій була розроблена спортсменом та фітнес-тренером Томом Венуто, через актуальність та простоту її полюбили саме люди які займаються активними видами спорту, формула має наступний вид:

$$66 + (13,7 * w) + (5 * l) - (6,8 * a) \quad (1.12)$$

Де  $w$  – вага в кілограмах,  $l$  – зріст в см,  $a$  – вік в роках, для чоловіків.

$$665 + (9,6 * w) + (1,8 * l) - (4,7 * a) \quad (1.13)$$

Де  $w$  – вага в кілограмах,  $l$  – зріст в см,  $a$  – вік в роках, для жінок.

Фінальний результат обчислень також необхідно помножити на коефіцієнти які використовуються в методі Харріса – Бенедикта.

Для кращого розуміння даної формули потрібно розібрати приклад. Для жінки 33 років, зріст 170 сантиметрів, та вагою 55 кілограмів, з малоактивним стилем життя, необхідно  $(665 + (9,6 \times 55) + (1,8 \times 170) - (4,7 \times 33)) \times 1,2 = 1985$  калорій на добу.

Всі формули які були проаналізовані до цього мають одну спільну якість, при потребі схуднути на декілька зайвих кіло, рекомендується зменшити фактичну кількість калорій до 20% відсотків від результату який було отримана після розрахунків, та до 25% відсотків при ожирінні.

## 1.6 Порівняння методів

Для продовження проведення наукового дослідження є необхідність обрати метод підрахунку калорій, саме від вибраного методу залежить подальша розробка та реалізація, а також результати дослідження, тому необхідно зробити порівняння головних переваг та недоліків зазначених методів.

Але, для проведення порівняння характеристик в першу чергу необхідно виділити критерії на основі яких буде підбрано необхідний метод.

По-перше, метод має підходити для використання як для спортсменів, докторів дієтологів, так й для людей. Адже суть дослідження розробити засіб для можливого використання як фаховими спеціалістами в області дієтології, спорту та людьми що просто мають намір нормалізувати свій раціон харчування для підвищення загального стану здоров'я.

По-друге, так як додаток розробляється для використанні в області дієтології та результати його використання матимуть пряме відношення на стан здоров'я

користувача, то на даному етапі метод обробки та підрахунку має бути вкрай точним в процесі розрахунку добової норми калорій на основі отриманої від користувача інформації, адже неточність на даному етапі обробки невпинно призведе до подальшого відхилення в розрахунках, та отриманню фінальних результатів що не будуть задовольняти поставленим умовам, що призводить до неактуальності всієї роботи.

По-третє, метод повинен враховувати фізичну активність користувача, хоча дане питання можливо реалізувати окремим модулем в подальшій розробці готового рішення, даний варіант не є актуальним, адже це створює додаткове навантаження та потребує впровадження окремого модуля, тому доцільно буде використовувати метод, що вже враховує даний параметр.

По-четверте, важливе значення має врахування м'язів користувача, адже м'язи є одним з основних споживачем калорій, або енергії що отримує організм від вживання їжі, саме тому врахування цього параметру є вкрай необхідним для розуміння, адже потреби в енергії в спортсмена в якого переважають м'язи, буде набагато вище порівняно з людиною такої самої маси де основним показником ваги будуть жирові тканини.

По-п'яте, наступним невідомим з яким повинен працювати метод є достатньо чітке визначення фізичної активності користувача, адже в залежності від стилю життя та активності людини на пряму змінюється кількість використаної енергії, так якщо людина кожного дня займається спортом, загальна кількість енергії що була витрачена буде значно вищою за людину, що має сидячий образ життя та майже не рухається. Однак, навіть для малорухливих людей повинно бути збережене необхідний мінімум енергії для задовільненні потреб життєдіяльності та підтримання здорового стану.

По-шосте, останній критерій в даному списку, але не останній по значенню, використаний метод повинен, задовольняти потреби в можливості використання для будь-якої статі та віку можливого користувача. Так дослідження має охопити максимальну можливу кількість користувачів, це є необхідним кроком для

виконання одного з поставлених завдань, а саме розробити оптимальну систему для підбору раціону харчування що матиме змогу задовольнити максимальну можливу кількість користувачів для підвищення загального стану здоров'я людей.

На основі всіх віще зазначених факторів необхідно зробити порівняльну характеристику для підбору метода, що максимально можливо здатен задовольнити поставлені потреби, та надасть змогу продовжити проведення наукового дослідження.

В даному випадку було прийнято рішення провести порівняльну характеристику на основі дерева рішень, хоча може виникнути враження, що використання даного методу в цьому випадку не доцільно, це не відповідає дійсності, адже даний метод є досить простий для розуміння, як на етапі використання та складання діаграми, так й на етапі розуміння отриманої діаграми як людиною що складала діаграму, так й усіма хто буде зацікавлений в подальшому використанні даної діаграми на практиці.

Дерева рішень та класифікацій є структурами даних з можливістю додаткового використання багатьох існуючих шаблонів даних для можливості подальшого розпізнавання.

Деревами можна вважати структури даних з ієрархічною структурою, що в своєму складі мають вузли для прийняття рішень, надають можливість застосовувати певну оцінку змінних значень, для подальшої можливості прогнозування певного результату Для навчання дерев рішень мають бути передбачені приклади даних (навчальна вибірка), тому необхідно створювати чи збирати такі дані заздалегідь.

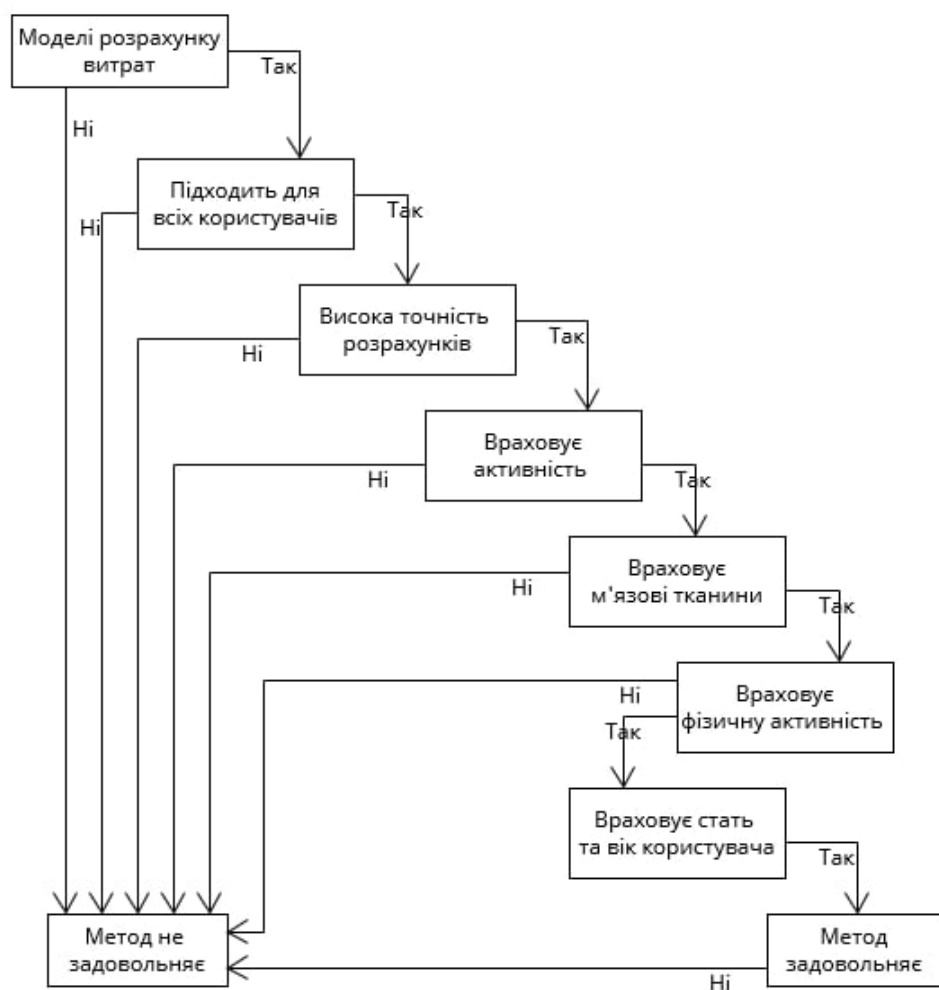


Рисунок 1.1 – Діаграма дерев рішень порівняння методів розрахунку добової потреби в калоріях

З одного боку, дані можуть бути підготовлені експертом, а з іншого боку, може бути передбачено накопичення колекції фактів, що стосуються цієї задачі. На практиці кожна задача, що розглядається при цьому, може бути представлена за допомогою безлічі атрибутів, стосовно якого дерево рішень прогнозує невідомий атрибут (рішення).

Дана модель дозволяє побудувати методику отримання відповідей на питання про принципи формування найкращого рішення в тій чи іншій ситуації, тому часто використовується як інструмент «підтримки прийняття управлінських

рішень». Проте її розглядають також і як інструмент, покликаний допомогти керівнику визначитися з типом лідерської поведінки.

Отже, дані методи було перевірено на задовільнені зазначених умов, для цього було використано діаграму на рис 1.1.

Результати показали, що тільки один метод задовольняє усім зазначеним вимогам, а саме метод Кетч-МакАрдла цей метод максимально точно розраховує денну норму калорій та являється найбільш актуальним для подальшого використання.

### **Висновок до розділу 1**

В даному розділі було детально розглянуто основні дієтологічні питання які необхідно врахувати під час проведення наукового дослідження, основні показники що впливають на витрати енергії, особливості функціонування організму на фізіологічні потреби в енергії, та поживних речовинах що відносяться до трьох найголовніших білків, жирів та вуглеводів.

Було розглянуто та розроблено критерії та способи оцінки найвідоміших та найбільш актуальних методів підрахунку потреб калорій на основі індивідуальних потреб організму. На основі порівняння було доказано що найкращий метод для підрахунку калорій – Керч-МакАрдла.



## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

### 2.1 Характеристика особливостей предметної області

Детальний аналіз проведений в попередньому розділі дає чітке розуміння наскільки дана тема многогранна та як багато невідомих потрібно врахувати для отримання кінцевого результату, на даний момент було проаналізовано тільки аспект витрат в залежності від даних користувача та розрахунок необхідної кількості для покривання витрат та підтримання необхідного мінімуму.

Для отримання кінцевого результату, також потрібно враховувати розрахунок усіх базових характеристик їжі для цього можна використати досить багато інформації з журналів про харчування, статей, та наукових досліджень на цю тему, але це все вимагає великих витрат часу. Також потрібно розуміти що підчас дослідження даного питання, також є можливість натрапити на сумнівне джерело з недостовірною інформацією, що може призвести до ще більших ускладнень, особливо коли це стосується непережарених методів схищення на основі маловідомих продуктів та медичних препаратів, або використання вкрай сурових обмежень в певних продуктах, що в більшості випадків принесуть лише шкоду для організму.

Альтернативним та більш безпечним методом в даному випадку є відвідування фахівця з дієтології в медичному закладі, даний має багато переваг, адже зникає ризик потрапити на сумнівне джерело, немає потреби витратити багато часу та сил, фахівець здатен проаналізувати базові потреби та цілі людини та видати готове рішення для досягнення поставленого завдання.

Але даний метод також має ряд недоліків, в першу чергу це необхідність відвідування спеціаліста, в випадку відвідування державного медичного закладу є потреба в отриманні направлення, тобто для початку необхідно відвідати свого терапевта і тільки потім записатися на прийом до потрібного лікаря, але зазвичай записатися на найближчі дні досить важко, бо черга вже сформована на кілька

днів, або навіть тижнів наперед. Також в державних клініках лікарі зазвичай лікарі вже використовують сформовані раціони, що не приймають до уваги смакові забаганки людини.

Альтернативою є відвідування приватної клініки, майже завжди можна записатися на найближчий день, буде враховано всі забаганки, але в даному випадку ціна може видатись досить великою, тому даний метод теж може багатьом не підійти.

В наш час, впровадження інформаційних технологій має масовий характер до усіх сфер життя, дієтологія не стала виключенням. Розробка програмних засобів дозволяє певною мірою спростити життя як для людей що прагнуть поліпшити своє харчування, так й для лікарів, що можуть певною мірою спростити собі роботу, адже в додатках для підбору раціону харчування є багато інструментів та готових моделей що дозволяють їм зменшити навантаження на себе.

Але, потрібно розуміти, що програмні засоби теж мають різні підходи до реалізації, саме тому потрібно більш ретельно підійти до даного питання та розглянути методи які найчастіше використовують.

### **2.1.1 Калькулятор калорій**

Даний метод можна вважати одним з найпростіших методів програмної реалізації, але все залежить від конкретного випадку, та поставлених задач застосування.

Так одним з найтипівіших варіантів є веб-додаток, або застосунок що завантажується на телефон чи комп'ютер, де користувач має змогу вказувати їжу що було спожито, а додаток виступає в якості калькулятора, все що він робить це рахує кількість та видає кінцевий результат.

**Калькулятор витрачених калорій**

**Витрати калорій протягом дня**

**Введіть будь ласка дані**

Ваша стать

Ваш ріст

Ваша вага

Ваш вік  років (роки)

Ваш образ життя

\* Мало фізичних вправ, сидяча робота  
 \*\* Легкі вправи 1-3 дні/тиж.  
 \*\*\* Помірні вправи 3-5 днів/тиж.  
 \*\*\*\* Іntenс. фіз. нав./спорт 6-7 днів/тиж.  
 \*\*\*\*\* Дуже інтенсивні фіз. нав.

Автоматичний перерахунок

Рисунок 2.1 – приклад калькулятора калорій в вигляді веб застосунку

Цей метод досить часто використовують спортсмени та лікарі, бо даний метод зменшує навантаження на людини та потребує лише своєчасного заповнення даними, щоб отримати кінцевий результат. В більшості випадків на цьому головний функціонал застосунку закінчується, так кожен має свої особливості, але в базовому розумінні, додаток має вкрай простий алгоритм, без впровадження інноваційних рішень для отримання кінцевого результату.

### 2.1.2 Раціон харчування на основі фізичних показників

Цей метод можна вважати інформатизацією варіанту що використовували раніше, варіанти реалізації та деякі особливості як й в попередньому випадку можуть бути різні. Головна мета застосунку в тому, що за основу береться вже готове меню, для кожного блюда створюють дані про вміст поживних речовин, та додається доволі простий калькулятор на основі методів підрахунку калорій що зазначені в першому розділі. Тобто, користувач має змогу зазначити свої особисті дані, а додаток на основі підрахунків оптимізує меню на основі базових потреб та

поставлених цілей користувача та видає необхідні дані про блюдо, необхідні інгредієнти для приготування та загальні дані про поживні речовини як в окремому блюді, так й в раціону в цілому.



Рисунок 2.2 – Приклад додатку на смартфон для підбору раціону харчування

Даний метод теж важко назвати інноваційним, адже за основу взято звичайний лінійний алгоритм, невеличка база даних, та декілька формул для підрахунку. Цей варіант реалізації не враховує викусові забаганки користувача, що для більшості користувачів досить не зручно, адже блюда можуть містити алергени, тому користувач під час приготування має змінювати блюда під себе, але це впливає на загальний вміст речовин, та похибки в підрахунках, що потребує додаткових розрахунків для користувача.

На основі даного метода можна побачити сформовані бізнес моделі, які отримали в останній час стали досить популярні, суть полягає в тому, що на основі твоїх даних під твої потреби ти можеш замовити вже готовий раціон на день, зазвичай з самого ранку, або з вечора попереднього дня ти отримаєш раціон, тобто надає змогу звільнитися від готування, але ця бізнес модель має усі зазначені недоліки методу підрахунку що вони використовують

### **2.1.3 Інноваційні методи підбору раціону харчування**

Методи про які зазначалось до цього важко було назвати інноваційними, бо в їх основі були досить прості алгоритми, симплекс методи та методи пошуку оптимального рішення, до яких можна віднести методи Нелдера-Міда, та Хука-Дживса, хоча на даний момент є більш інноваційні та новітні технології.

Так як стек технологій які можна використати та підходять під поняття інноваційні досить багато, потрібно зробити більш чіткі рамки щоб отримати ряд рішень для подальшого аналізу та порівняння.

Тобто, метод який повинен бути використано має максимально спросити життя для користувачів з різним рівнем обізнаності в темі дієтології та кулінарії, не повинен мати недоліки зазначених вище методів реалізації, має використовувати методи підрахунку які було зазначено в першому розділі, та реалізовано за допомогою сучасного та актуального стеку технологій.

## **2.2 Нечітка логіка**

Завдяки працям відомого американського математика Лотфі Заде, з'явилися такий розділ математики як нечітка логіка, адже саме він в 1965 році заснував теорію нечітких множин та нечіткої логіки, що в свою чергу дало змогу значно удосконалити багато технічних методів, адже використання булевої логіки що ґрунтується лише на двох значеннях «істина» та «хибність» вже не дозволяло виконати усі поставлені задачі та питання того часу. Саме нечітка логіка завдяки

використанню більшого спектру зазначень надає можливість вирішувати більш складні питання, які пов'язані з більш значною мінливістю уявлення.

Особливість нечіткої логіки полягає в тому, що для кожної нечіткої системи, кожне окреме правило буде представляти собою локальну модель, яка разом з іншими правилами для отримання остаточного вигляду для моделі, адже методи що стоять в основі надали можливість використовувати математику в оплатах невизначеності для вирішування поставлених задач.

Окремо потрібно зазначити, що саме завдяки методам нечіткої логіки з'явилася можливість розроблювати та удосконалювати вже існуючі системи які дозволяють виконувати максимально наближення до функції за допомогою універсальної теореми наближень  $F:x \rightarrow y$  що в свою чергу апроксимує  $f:x \rightarrow y$  де  $x$  – компактна область,  $f$  неперервна.

Як вже було сказано, методи нечіткої логіки можуть працювати отримуючи як вхідні дані чіткі структури, та дані, це стало можливо за рахунок використання фазифікації, що отримує та перетворює дані до належного вигляду, що дозволяє створювати відповідні нечіткі набори на нечітких вхідних даних.

Зміст вхідних змінних відображається в лінгвістичному сенсі вихідних змінних, які повинні бути інтерпретовані як набір нечітких умовних правил (база знань), використовуючи відповідні експертні методи управління знаннями для приблизного міркування (механізм висновку).

Лінгвістичне розширення значення може вимагати числових даних як результат нечітких систем. У наведених вище випадках використання методів дефазифікації може забезпечити однозначні репрезентативні дані для згенерованих необроблених нечітких наборів

Багато задач вимагають більш точного вирішення, ніж те, що дає класичний підхід. Це пояснюється тим, що більшість проблем надто складні, щоб їх можна було змодельювати повністю.

Визначення цих проблем як «нечітких» дозволяє вводити нечіткі моделі в проблеми, які не можна вирішити за допомогою класичних підходів. Ці моделі

складаються з функцій приналежності, правил і операторів агрегації, які спрощують модель і полегшують реалізацію кардинальних змін. Ці моделі дозволяють отримати наближення до реальної моделі, яка з меншою ймовірністю буде відрізнятися від реальності.

Нечітка множина є ключовим поняттям у розумінні нечітких систем. Це тип елемента, який представляє діапазон певної змінної, як-от висота рослини. Цей термін можна застосовувати до будь-якої проблеми, пов'язаної з цією концепцією, оцінка діапазонна цільової змінної задачі.

Дослідження в сфері розробки та удосконалення методів машинного навчання за осінній час значно просунулися в процесі удосконалення існуючих методів та створення нових, акцент в даному випадку припав саме на гібридні моделі, системи з основним напрямом в область нечіткої логіки та математики та штучні нейронні мережі.

Один з напрямів це розробка та дослідження систем для отримання «справжнього» штучного інтелекту, на основі моделювання обчислювальних систем, які намагаються імітувати досить специфічні аспекти людської поведінки, такі як класифікація та регресія, міркування, інтуїція, забаганки.

Нечіткі нейронні мережі — це окремий метод що поєднує в собі всі переваги використання нейронних мереж та принципів нечіткої логіки, принцип дії полягає в тому, що на старті вхідні дані мають стандартний чіткий вид, функціонування виконується також на основі чітких методів функціонування, а вже на виході дані преобразують за методами нечітких множин.

Нечіткі нейронні мережі визначаються як система, яка навчається на основі моделі, запрограмованої інтелектуальною моделі. Ця аналогія передбачає, що поєднання нейронних мереж із нечіткою логікою використовуються для навіювання недоліків кожної системи, для створення простої та надійної моделі.

Нечіткі мережі розрізняють за типом зав'язків між їхніми нейронами. Цей тип підключення визначає спосіб передачі сигналів у мережі. Як правило, для реалізації даної системи нейрони необхідно групувати в кола, проходження даних

саме через один напрямок дозволяє отримати досить стабільну та просту систему й отримувати задовільний результат . Мережами без зворотного зв'язку часто називають випадки коли в одному колі відсутні зв'язки з іншими колами, й теж саме відбувається з мережами.

Моделі, які поєднують нейронні мережі та нечіткі системи, мають динамічну архітектуру завдяки тому, як працюють їхні рівні. Кожен шар виконує певне завдання, дозволяючи моделям адаптуватися до мінливих проблем.

Архітектурні моделі гібридів мають подібну організацію до моделей нейронних мереж, тому їх можна організувати за допомогою багат шарових нейронів. Це дозволяє їм слідувати дизайну прямого зв'язку з сигналом, що поширюється в одному напрямку через мережу. Шари нейронної мережі мають чіткі нейронні шляхи, один шар не пов'язаний з іншими. Рекурентні мережі містять нейрони, з'єднані один з одним, які передають інформацію вперед і назад між сусідніми шарами.

Ці ж мережі також мають здатність запам'ятовувати минулі стани динамічної системи та проектувати їх у майбутнє. У гібридних моделях використовується кілька функцій. Їх пошарова конструкція змінюється в залежності від складності завдання.

Дефазифікація даних або нечіткий логічний висновок може відбуватися, коли традиційні моделі містять 2 або більше прихованих шарів у своєму дизайні. Деякі традиційні моделі можуть навіть організувати інформацію за допомогою процесу формування правил. Різні рівні допомагають моделі обробляти дані та виконувати певні завдання. Деякі шари представляють агрегаційні нейронні мережі або системи, які нечіткість даних, а інші представляють остаточні відповіді моделі.

Було створено декілька п'ятирівневих моделей для вирішення задач регресії, предикторів часових рядів і класифікації моделей. Одна з таких моделей була розроблена з використанням динамічної обробки методів та засобів.



Для ефективного вирішення проблем багато галузей промисловості використовують моделі, які включають нечіткі концепції, такі як адаптивні нейронечіткі системи. Ця модель використовує правила, що включають корельований контури для апроксимації засобу. Інші моделі також можуть мати більше п'яти шарів.

Нечітка логіка постійно розвивається, адже її використання надає можливість використовувати методи що недоступні при використанні звичайної математики, такі неточні процеси як, методи міркування й спроби імітування людського розуму, неможливо відтворити якщо використовувати лише булеву логіку. Лише за останні роки було проведено десятки наукових досліджень, стосовно використання нечіткої логіки в різних сферах для покращення фінального результату, кількість додатків та застосунків що основані на методах її значно збільшилося, та цей процес буде продовжуватися й далі.

Нечітка логіка починається з поняття нечітких множини. Нечітка множина – набір який не має чітко визначеної межі. Він також може містити в собі елементи часточкового ступеню приналежності. Класична множина - це контейнер, який повністю включає або повністю виключає будь-який елемент.

Для даного математичного закону є й інша варіація, всі дані повинні біти або затверджені, або заперечені, мається на увазі, що інформація яка під час обробки просувається по алгоритму перетворюється та змінюється й цей процес відбувається поступово від одного кроку, до іншого і саме цей перехід завдяки методам нечітких множин проходить в гнучкому діапазоні.

Функція приладдя – це крива лінія яка являє собою криву лінію на якій у належить до ступеня приналежності між 1 та 0. Простір міркувань це альтернативна назва для вхідного простору. Крива називається функцією належності і зазвичай позначається  $\mu$ . Найпростішу функцію відповідності можна легко сформулювати за допомогою прямих.

Найпростішою з них є трикутна функція належності, яка називається  $\text{trimf}$ . Ця функція є не що інше, як набір із трьох точок, які утворюють трикутник. З

найпростіших можна згадати `trimf` дана функція складається лише з трьох точок тому на графіку має вигляд трикутника. Наступна функція `trapmf` походить від попередньої, але замість гострої вершини плоска величина, тому для її утворення необхідно чотири точки.

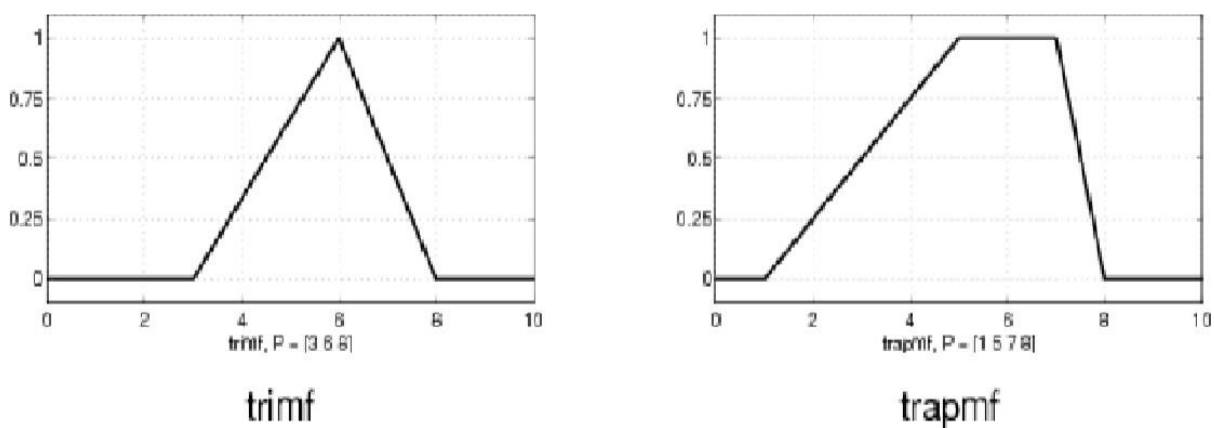


Рисунок 2.3 - Трикутної та Трапецієподібної MF.

На рисунку 2.3 Зображено діаграми побудовані за допомогою принципів розподілу Гауса. Дані модель показують що в випадках коли на результати вимірювань припадає велика кількість дрібних випадкових помилок, то вся сукупність вимірювань має значення граничного розподілу симетричної дзвоноподібної характеристики Гауса. Центр розподілу, що збігається з його максимальним значенням, буде дійсним значенням вимірюваної величини.

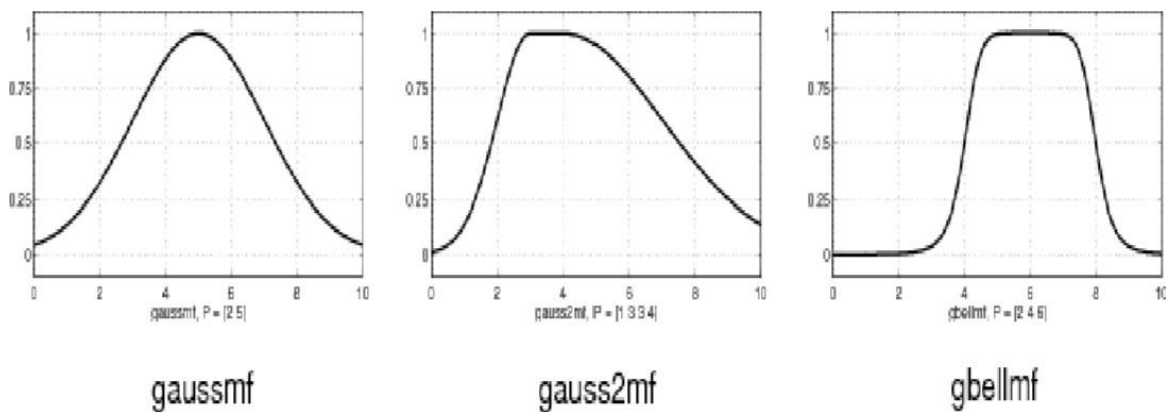


Рисунок 2.4 - MF Гауса та “узагальненого купола”.

Зазначені діаграми розподілу не єдині, так може статися, що в вихідних результатах ми отримаємо функцію розподілу, яка може бути не закритою з довільної сторони, а також можемо отримати асиметричний вигляд, в таких випадках можна використати метод синтезу двох функцій.

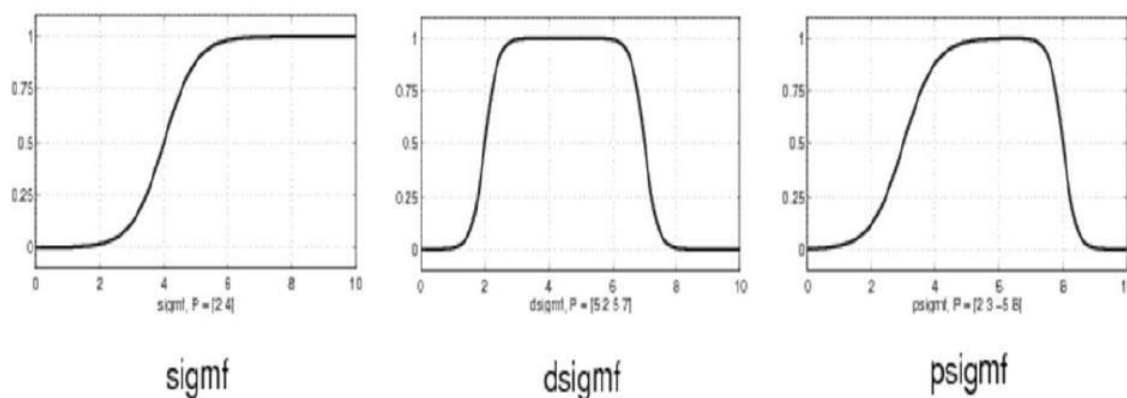


Рисунок 2.5 - Сигмоїдні MF.

### 2.2.1 Нечітке правило «якщо-тоді»

Правила «якщо-тоді» часто виглядають як нечіткі висловлювання з неявною структурою «якщо-тоді»: якщо означає «тоді»

$$\text{If } x \text{ is } A, \text{ then } y \text{ is } B \quad (2.1)$$

де  $A$  і  $B$  є лінгвістичними значеннями, які приймають форму нечітких множин, знайдених у просторі міркувань  $X$  і  $Y$ . Стверджуючи, що щось є істинним щодо  $X$  або  $Y$ , можна сказати: « $A \in B$ ». Наприклад, сказати, що дорога слизька під час руху, означає, що водіння небезпечне. Перш ніж ми зможемо застосувати правила «якщо-тоді» для аналізу та моделювання систем, ми повинні встановити чітке розуміння фрази «якщо  $x \in A$ , то  $y \in B$ ». Це називається  $A - B$ , що підсумовує зв'язок між двома змінними — зазвичай  $x$  і  $y$

Можна припустити, що правило є нечітким бінарним відношенням  $R$  на просторі продукту  $X*Y$ . У  $R$  кожна пара елементів  $x$  і  $y$  в декартовому добутку  $X$

$\times Y$  має клас  $\mu R(x, y)$ . Для застосування  $\mu R(x, y)$  і  $x, y$  мають бути частиною  $Y$ . Деякі інтерпретації правила «якщо-тоді» може включати досить багато антецедентів, таких як fuzzifying який в основі використовує нечіткі оператори виводу, далі процес називається імплементація, в даному процесі результат першого кроку застосовується на наступному.

Зазначене правило «якщо-тоді» є досить простим, через що його досить часто використовують, так як з ним ніколи не виникає складності в розумінні та використанні.

Дослідження готових рішень з використанням даного правила показало, що дане рішення часто використовують як зображення людського рішення. Також даний метод надає змогу проводити моделювання для нелінійних функцій будь-якої складності, а також для відображення багаторівневої системи, та незважаючи на складність на виході отримувати вкрай точні показники, це досить зручний спосіб для відображення як вхідного так й вихідного простору.

В залежності від структури використаних правил даного метода можна виділити два основних метода реалізації та використання в вигляді нечітких моделей Мамдані та Такагу-Сугено, для більш детального розуміння та поглиблення в тему, є необхідність більш детально розглянути зазначені методи.

### 2.2.2 Модель алгоритму нечіткої логіки Мамдані

Особливістю даного метода є принцип роботи, який можна охарактеризувати як «чорна скринька» так як всі значення на вході як були кількісними, так й на виході залишаються кількісними. Хоча під час знаходження в середовищі функцій даного методу на дані активно впливають, методи нечітких множин та логіки.



Рисунок 2.6 – Діаграма діяльності процесів нечіткого виводу

Це є особливістю методів що в своїй основі використовують методи нечіткої логіки, так як надається можливість обробляти та працювати з великим об'ємом вхідних лінійних даних з використанням переваг гнучких методів нечіткого виводу.

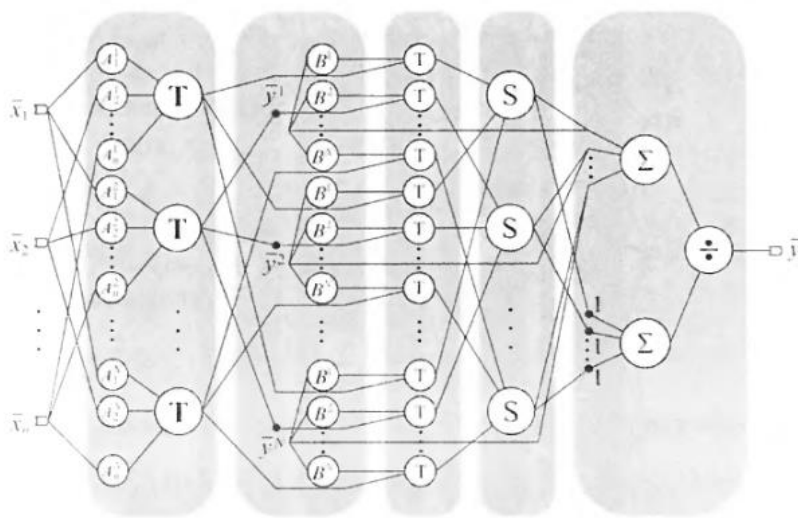


Рисунок 2.7 – Приклад структура системи з вказаними залежностями

Якщо більш детально розглянути саме структуру методу яку зображено в формулі 2.2 то можна побачити що if в даному випадку виступає як антецедент та наступний крок then в вигляді нечіткого правила, та обидва зазначені частини виконують роль з нечіткими пропозиціями.

$$\mathcal{R}_i: \text{If } x \text{ is } A_i \text{ then } y_i = a_i^T x + b_i, \quad i = 1, 2, \dots, K \quad (2.2)$$

Тут  $A_i$  і  $B_i$  – представлення нечітких множин, а  $K$  – кількість правил. Лінгвістична нечітка модель досить корисна в випадках необхідності необхідності наглядного представлення якісних знань.

### 2.2.3 Метод Такагі-Сугено

Принцип дії даної моделі полягає в тому, що за рахунок використання систем нечіткої логіки та нечітких правил, надається можливість знаходитися в обмеженнях лінійних залежностей, враховувати вплив нечітких змінних на чіткі та не виходити за рамки першочергово поставлених завдань.

В більшості нелінійних моделях дослідження як правило, досягається в самому початку, то в даній моделі під час виконання в рамках залежності досягається необхідна форма нелінійності, що робить даний метод досить незвичайним.

Принцип роботи даного алгоритму полягає в розгляді правил продукції виду IF...THEN з використанням лише одиночної нечіткості. Тобто застосовувані правила нечіткої логіки тільки в частини IF, в той час як в частині THEN присутні звичайні залежності:

$$R^{(1)}: IF(x_1 \text{ is } A_1^1 \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^1 \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_n^1) THEN y_1 = f^{(1)}(x_1, x_2, \dots x_n) \quad (2.3)$$

$$R^{(N)}: IF(x_1 \text{ is } A_1^N \text{ AND } x_2 \text{ is } A_2^N \dots \text{ AND } x_n \text{ is } A_n^N) THEN y_N = f^{(N)}(x_1, \dots x_n) \quad (2.4)$$

де  $a_i$  – послідовний параметр вектора, а  $b_i$  – зміщення. Принцип роботи даної моделі акцентує свою увагу на поєднанні методів лінгвістичного опису разом з звичайними функціональними регресіями, у просторі нечіткої множини антецеденти виконують головну роль для опису, який в подальшому використовують та оброблюють функції.

Виходячи з наведених вище рядів залежності для отримання відповідного у необхідно провести обчислити на основі зваженого середнього внеску кожного окремого правила:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^K \beta_i(x) y_i}{\sum_{i=1}^K \beta_i(x)} = \frac{\sum_{i=1}^K \beta_i(x) (a_i^T x + b_i)}{\sum_{i=1}^K \beta_i(x)} \quad (2.5)$$

де  $\beta_i(x)$  – ступінь виконання  $i$ -го правила. Для правила зазначеного зверху,  $\beta_i(x) = \mu_{A_i}(x)$ , а  $a_i$  локальні лінійні моделі даної нелінійної формули.

Для опису окремих частково областей з частковим перекриттям поміж собою у вихідному просторі зазвичай використовують антецеденті нечіткі множини. На основі вище сказаного впливає що модель яку використовує даний метод можна подати як шматковою-лінійною апроксимацію нелінійної функції.

### 2.2.4 Оператори логіки

В системах на основі нечіткої логіки досить часто й активно використовують стандартні логічні оператори, які також активно використовуються в програмуванні та дискретній математиці, такі як кон'юнкція, диз'юнкція та доповнення

Але особливості нечіткої логіки полягають в тому що даних операторів набагато більше, також можуть використовуватися такі оператори як іноді, ніколи, не пам'ятаю, чому б ні, та інші, в таблиці 2.5 можна побачити принципи роботи трьох базових та найпоширеніших операторів.

Таблиця 2.1 – приклад простих операторів нечіткої логіки

A and B	A or B	not A
$\min(\mu_A, \mu_B)$	$\max(\mu_A, \mu_B)$	$1 - \mu_A$
$\mu_A * \mu_B$	$\mu_A + \mu_B - \mu_A \mu_B$	$1 - \mu_A$

### 2.3 Дефазифікація та принципи нечіткого висновку

Механізми нечіткого висновку це системи які використовують методи на основі нечіткої логіки, для визначення вектора вхідних даних, обробку та подальше виведення висновку вихідних даних

До принципів роботи також варто відвести порівняння собою функцій введення - виведення, та використовую оператори нечіткі правила для систем що потребують виходу з агрегації і дефазифікації. FIS з кількома виходами можна як набір незалежних багатоканальних систем з одним виходом.

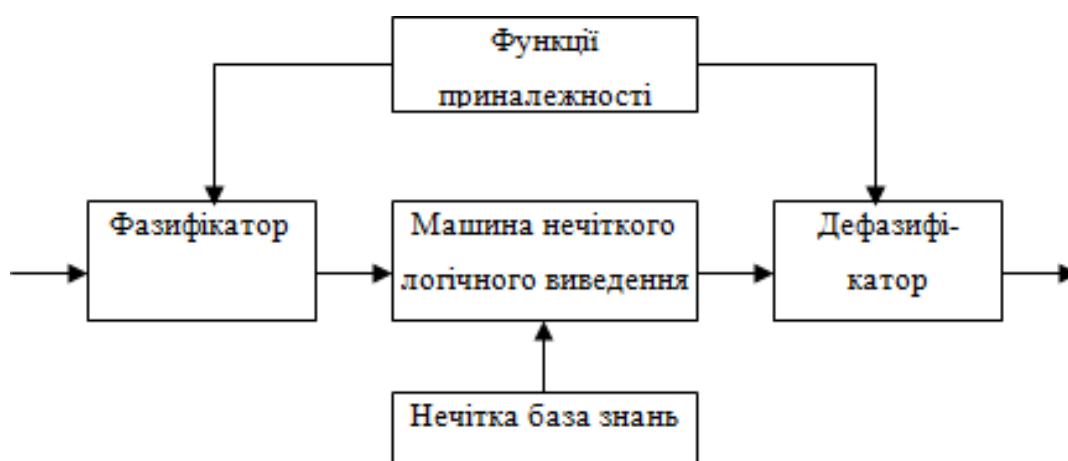


Рисунок 2.8 – Приклад моделі нечіткого виводу

FLS складається з чотирьох окремих частин: бази правил, механізму висновку, фазифікатора та дефазифікатора. На малюнку показано, що компоненти FIS є базою правил, що містить лінгвістичні правила, надані експертами, а також механізм, який перетворює дані. FIS можна розглядати як систему, яка відображає вхідний вектор чисел на вихідний вектор правил.

Це пояснюється корисністю вилучення правил числових даних із FIS. Потім правила використовуються для створення Fuzzifier, який перетворює введені числа у відповідні оцінки членства. Правила вимагають цього, щоб активувати правила, пов'язані з лінгвістичними змінними. Fuzzifier вводить значення та обчислює функції належності, які визначають, наскільки близько кожне вхідне значення належить кожному нечіткому набору.

Правила з кількома пунктами повинні використовувати нечіткі оператори для об'єднання числових антецедентів цих правил в одне число. Це призводить до вищого ступеня виконання для попереднього, ніж застосування правил окремо.



Потім ці числа використовуються механізмами виведення правил для визначення того, які вхідні нечіткі набори стають вихідними нечіткими наборами. В залежності від випадку, відбувається спрацювання правил, так одночасно може бути використано від одного, до декількох правил для одного випадку .

Після цього відбувається процес агрегації даних, під час даного процесу для нечіткі множини працюють як одна цілісна система нечіткого набору, для отримання висновку кожного окремого.

Особливістю даного метода є те, що правила можуть запускатися як паралельно, так й послідовно, порядок запуску суттєво впливає на процес дефазифікації, що в свою чергу впливає на перетворення даних з нечіткої множини в ціле число.

Дефазифікація маючи доступ до нечіткої множини, що тримає в собі весь діапазон вхідних значень здатне повернути одне число, цей процес необхідно щоб а виході після дефазифікації, привести значення до чіткого числа.

Є декілька методів дефазифікації, серед яких зазначають висоти середне значення, максимум, зміненої деформації, та центроїд. Останній зазначений метод є найбільш популярним, адже здатен використовувати більше ніж одне правило, це надає змогу обчислювати та повертати центр агрегованої множини.

Та якщо порівняти з звичайними експертними системами, даний метод об'єднує області простору впродовж поверхні, а не ізолює окремі точки

Для початку роботи, дані повинні бути проаналізовані, щоб визначити ступінь, за яким вони пов'язані з кожним із відповідних нечітких наборів через функції належності.

Після того, як обробка вхідних даних завершена, отримаємо ступінь, де якоюсь мірою кожен компонент антецеденту був виконаний для кожного правила. Якщо задіяно кілька правил, для оцінки відносної сили кожного компонента правила використовуються оператори нечіткої логіки.

Метод імплікації описує розробку вихідних функцій належності з урахуванням серйозності порушення правил. Входом для процесу імплікації є

одне число, яке задано попереднім, а виходом є нечітка множина. Зазвичай використовувані методи імплікації включають мінімум і добуток.

Агрегація — це процес об'єднання результатів кожного правила. Агрегація відбувається лише один раз для кожної вихідної змінної. Вхідними даними для процесу агрегування є скорочені вихідні нечіткі набори, які були згенеровані процесом імплікації для кожного правила. Комбінований нечіткий набір називають результатом агрегації.

Вхід дефазифікації – це нечітка множина, а вихід дефазифікації – це чітке значення, інакше кажучи один номер, що отримано завдяки одному з вище зазначених методів.

Для більш ретельного розуміння процесів та відмінностей методів денацифікації є необхідність переглянути особливості роботи кожного окремого метода.

Центроїд найбільш популярний метод, з усіх зазначених, назва повністю описує суть метода, адже він працює за принципом визначення центру тяжіння  $\beta$ , а також використовує результати визначення нечітких логічних систем. Центроїд безперервної нечіткої множини задається наступною формулою:

$$y' = \frac{\int_s^1 y_i \mu_\beta(y) dy}{\int_s^1 \mu_\beta(y) dy} \quad (2.6)$$

В випадку використання дискретизованих змінних з'являється можливість апроксимувати  $y'$  де замість того щоб інтегрувати було вирішено використати суму, що можна побачити в формулі (2.7)

$$y' = \frac{\sum_{i=0}^n y_i \mu_\beta(y_i)}{\sum_{i=0}^n \mu_\beta(y_i)} \quad (2.7)$$

Даний метод знаходить середню точку, що часто називають точкою рівноваги, для області можливих рішень, обчисливши для цього вихідне середнє нечіткої області.

Технологія використана в даному методу досить унікальна та складна для реалізації, але це не впливає на популярність та актуальність використання даного методу.

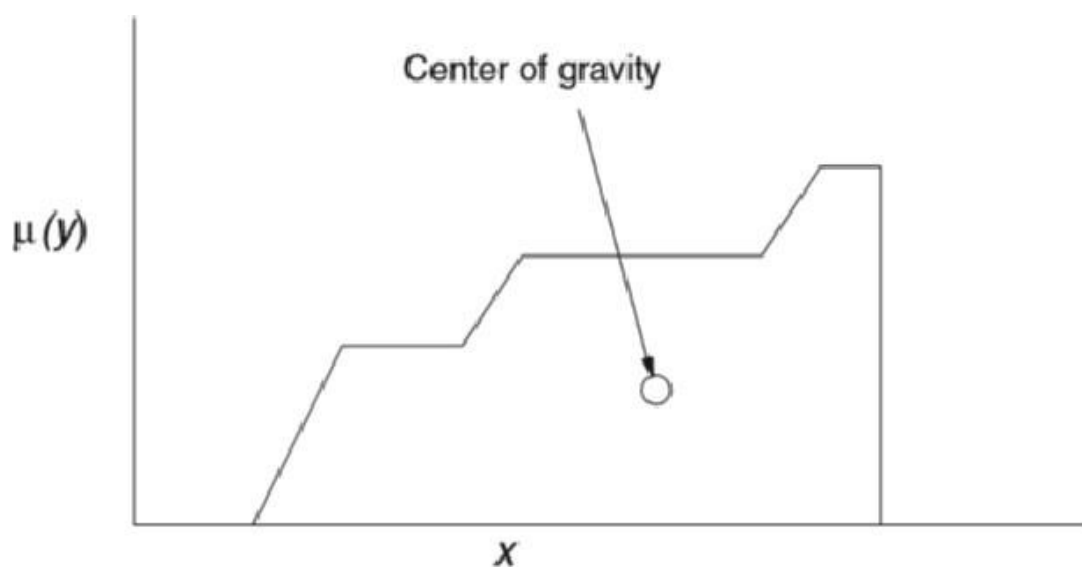


Рисунок 2.9 - Метод центроїдної дефазифікації

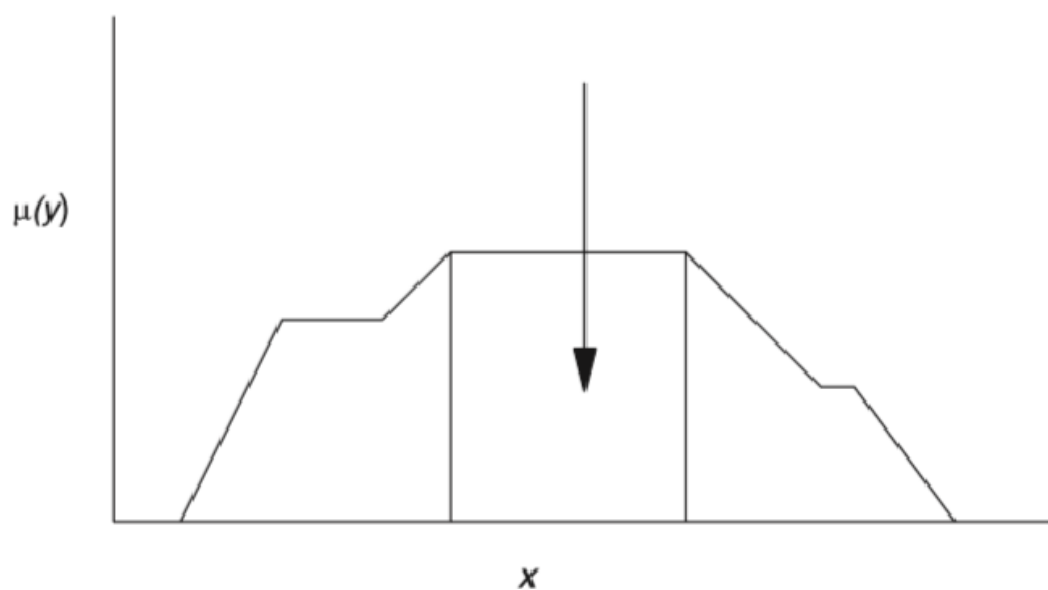


Рисунок 2.10 - Метод максимальної декомпозиції

Наступний метод за популярністю максимальної декомпозиції, даний метод базується на аналізі множини та пошуку відповідного  $y$  для якого  $\mu_{\beta}(y)$  буде мати максимальне можливе значення. При порівнянні з методом центроїду є декілька відмінностей, так даний метод має тенденцію послідовно переходити від одного значення до іншого в залежності від нечіткої множини, також даний метод має властивості завдяки яким має змогу застосуватися для будь-якого класу проблем, вузькоспеціалізовані не є виключенням.

Центр максимумів знаходить найвищий ділянок на відповідному відрізку даних нечіткій області, а після цього повторює процес та знаходить наступну найвищу точку, середнє значення.

В методі дефазифікації за висотою на першому кроці оцінюють  $\mu_{\beta}(y)$  наступник кроком обчислюється вихідні дані нечіткої логічної системи, де розраховується центр тяжкості  $V_i$ . Вихідні дані задаються формулою:

$$y_h = \frac{\sum_{i=0}^n y_i \mu_{\beta}(y_i)}{\sum_{i=1}^m \mu_{\beta}(y_i)} \quad (2.8)$$

де  $m$  кількість вихідних даних нечітких множин,  $y'$  - центр ваги нечіткої області.

Даний метод найпростіший з перерахованих, адже центр тяжкості функцій, вже відомий, тому його використання не викликає багато питань.

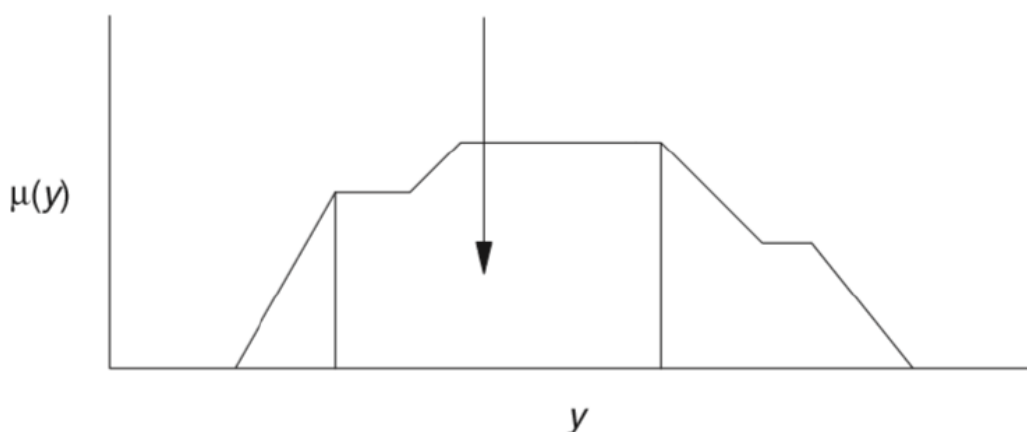


Рисунок 2.11 - Метод центру максимумів

Багато в чому визначає нечіткий логічний висновок процесу зіставлення точних значень вектора з різними значеннями з використанням нечітких правил, що зберігаються в основі знань, незалежно від того, чи використовується для цього мінімальний вихід або виробничий вихід.

## 2.4 Види нейронних мереж

### 2.4.1 Одношарові нейронні мережі

Одношарова штучна нейронна мережа – найпростіша мережа, що складається з низки нейронів, які утворюють один шар, в якому дані вхідного слою одразу направляються до вихідного слою, даний шар не тільки приймає та розподіляє сигнали, а й одразу видає відповідь.

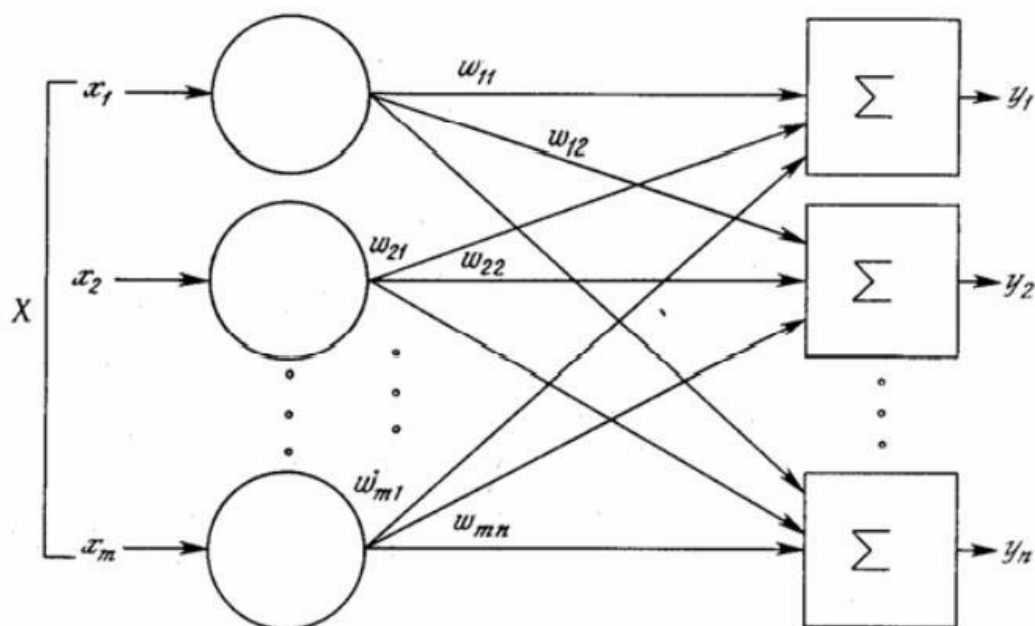


Рисунок 2.12 – Одношарова нейронна мережа

Якщо детально розглянути рисунок 2.13 можна побачити приклад однієї з найпростіших одношарових нейронних мереж. Де  $m$  – кількість входів,  $n$  – кількість нейронів  $w_{mn}$  – вага з номером входу та зв'язок з нейроном.

Вхідні дані  $x$  в першу чергу впадають в кола, ці кола використовуються для сортування та подальшого розподілу інформації в нейрони, кожен елемент має зв'язок з усіма нейронами. Нейрони в свою чергу приймають дані та виходячи з попередньо поставлених задач роблять обробляють та обчислюють для отримання бажаного результату.

### 2.4.2 Багатошарові нейронні мережі

Багатошарові нейронні мережі є більш досконалішими та ефективними, ніж одношарові мережі. Вони мають кілька шарів, накладених один на одного у вигляді каскаду. Рівні багаторівневих мереж мають підвищену обчислювальну потужність через складність конструкції. Нейробіологи вивчають зв'язок між різними шарами мозку, щоб краще зрозуміти людське мислення та поведінку.

Один шар нейронів може легко створювати вихідні дані іншого, імітуючи взаємопов'язану природу певних областей людського мозку

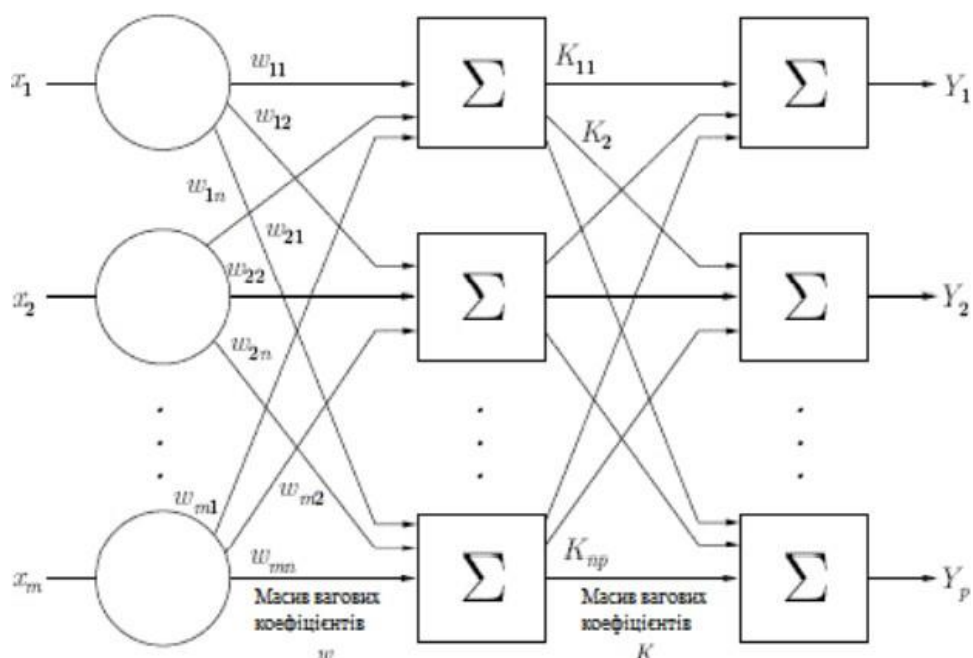


Рисунок 2.13 – Двошарова нейронна мережа

Неможливо повністю визначити продуктивнішу одно або багатошарову мережу. Лінійна функція активації між кожним шаром унеможливорює визначення

того, який з них більш продуктивний. Багаторівневі мережі вирішують це завдання шляхом множення вхідного вектора на першу вагову матрицю з наступним множенням результуючого вектора на другу вагову матрицю, якщо немає нелінійної функції активації.

$$\text{OUT} = (\text{XW}_1)\text{W}_2 \quad (2.9)$$

Оскільки множення матриць є асоціативним.

$$(\text{XW}_1)\text{W}_2 = (\text{XW}_1\text{W}_2) \quad (2.10)$$

З наведеної вище формули випливає, що обчислення вагової матриці одного шару за допомогою наведеної вище формули призводить до розуміння того, що 2-шарова лінійна мережа еквівалентна багатошаровій мережі з  $n$  шарами. Однорівневим мережам бракує обчислювальної потужності багаторівневих, як пояснюється цим рівнянням. Якщо виникає нагальна потреба розширення обчислювальні спроможності мереж то в випадку порівнянні з одношаровими, бажано використовувати саме нелінійну активаційну функцію.

### 2.4.3 Рекурентні нейронні мережі

Рекурентна нейронна мережа — це тип нейронної мережі, в якій зв'язок між окремими елементами в купі створюють спрямовану послідовність.

Таким чином, може бути оброблена послідовність подій у часовому ланцюжку або безперервному просторовому ланцюжку.

На відміну від вище зазначеної моделі, дана модель здатна використовувати свою внутрішньою пам'ять для роботи та обробки з даними незважаючи на довжину та кількість. Тому такі мережі підходять для завдань, де цілі моделі можуть бути зображені як окремі пов'язані між собою частини, як приклад часто можна побачити використання рукописів або розпізнавання мови.

Оскільки перцептрон не має пам'яті, попередні результати зникають безслідно, тому виникає проблема у формуванні чітких послідовностей і прогресій. Таким чином, постає питання формування пам'яті для кожного нейрона. Так виникли рекурентні нейронні мережі.

У мережі можна легко навчитися вимовляти окремі звуки або слова. Оскільки кожен нейрон має пам'ять про попередній обчислення, він може передбачити наступний результат більш точно і правильно

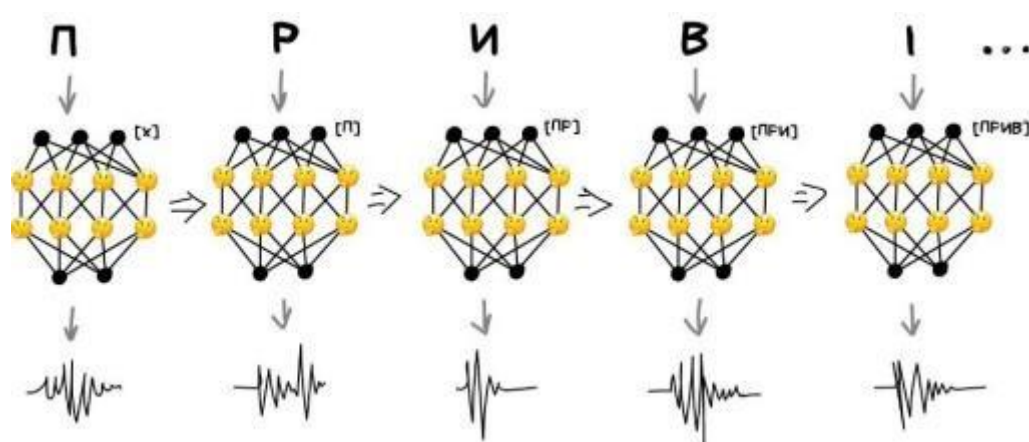


Рисунок 2.14 – Рекурентна НМ

#### 2.4.4 Нейронна мережа прямого поширення та перцептрон

Метод роботи і схема розповсюдження сигналу нейронних мереж прямого розповсюдження і перцептронів дуже проста: сигнал на вході нейрона є сигналом вихідного сигналу попереднього нейрона.

Найпростіша робоча мережа складається з двох вхідних і одного вихідного нейронів, які можуть імітувати логічні вентиля — основні елементи цифрових схем, які виконують основні логічні операції.

Нейронні мережі прямого розповсюдження зазвичай навчаються з використанням зворотного розповсюдження помилок шляхом передачі моделі пари вхідних даних і очікуваних вихідних даних.



Помилки зазвичай розуміються як ступені відхилення вихідних даних від вихідних даних. Поки мережа має достатньо прихованих нейронів, вона теоретично завжди може встановити зв'язок між вхідними та вихідними даними.

На практиці використання мереж прямого розподілу обмежене і частіше використовується в поєднанні з іншими мережами

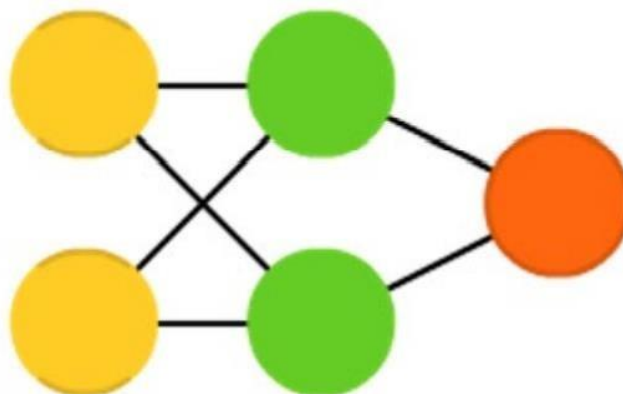


Рисунок 2.15 – Нейронна мережа прямого поширення

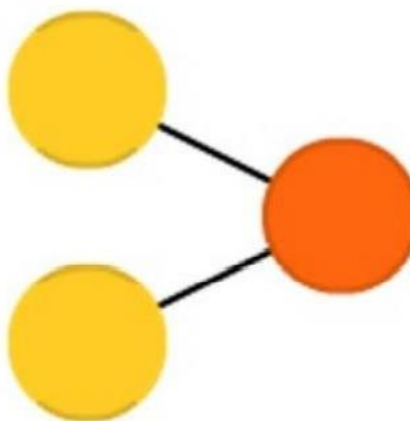


Рисунок 2.16 – Перцептрон

#### 2.4.5 Нейронна мережа Гопфілда

Особливість мережі Гопфілда базується на тому, що її можна вважати повною зв'язною, адже кожен нейрон що використовується та навчається має зв'язок з усіма іншими нейронами, дану нейронну мережу вважають наступницею ланцюга Маркова, базується та розроблялося на саме на його головних особливостях.

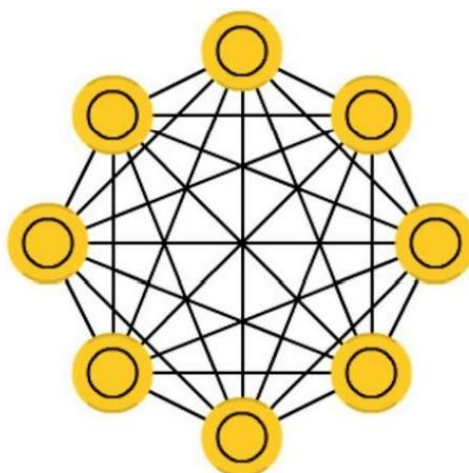


Рисунок 2.17 – НМ Гопфілда

У процесі роботи динаміки таких мереж сходяться до положення рівноваги. Зазначені положення заздалегідь визначені в процесі навчання і є локальними мінімумами зазначеного функціоналу, так званої мережевої енергії.

Таку мережу можна використовувати як зазначену мережу можна використовувати як метод оптимізації, адже маючи свою пам'ять її можна використати як фільтр для обробки інформації. Якщо порівняти дану мережу з іншими, то впливає значна відмінність в роботі з даними, адже в даному випадку в першу чергу досягається рівновага, й тільки після цього натступає наступний стан мережі який в свою чергу точно дорівнює попередньому: початковий стан є вхідним, а при рівновазі на виході виходить зображення.

Нейронна мережа Хопфілда влаштована таким чином, що її реакція на запам'ятовування еталонних зображень складається з самих цих зображень, і якщо зображення трохи спотворено і подано на вхід, воно буде відновлено, а у відповідь буде отримано вихідне зображення.

Таким чином, мережа Гопфілда здійснює корекцію помилок та перешкод. Як приклад, коли людина бачить частину картинки, вона подумки може її завершити, так і нейронна мережа – отримуючи неповну інформацію вона її добудує

### 2.4.6 Ланцюги Маркова

Ланцюги Маркова – предок машини Больцмана чи мережі Гопфілда. У них задається ймовірність переходу з поточного стану в сусідній. Також, ланцюги не запам'ятовують попередній результат, і не можуть вистроювати результат на основі попередніх спроб.

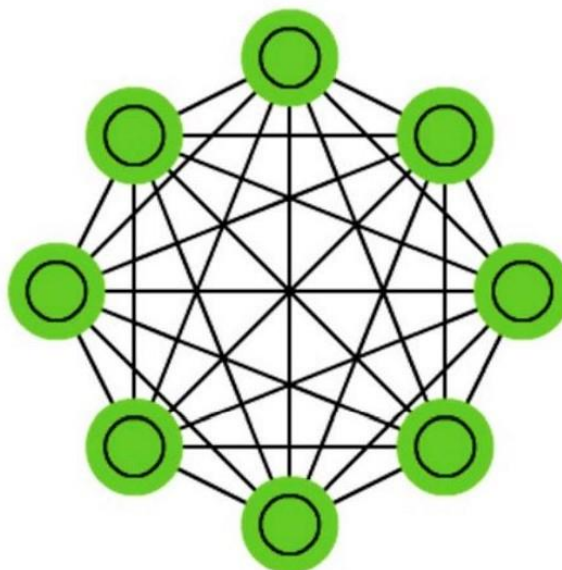


Рисунок 2.18 – Ланцюги Маркова

### 2.4.7 Машина Больцмана

Машини Больцмана дуже схожі на мережі Хопфілда, але деякі нейрони є вхідними, а деякі прихованими. Після оновлення стану всіма нейронами вхідний нейрон стає протилежним - вихідним нейроном.

На початку вагові коефіцієнти випадковим чином приймають деякі значення. Після цього навчання виконується методом зворотного поширення помилок.

Машина Больцмана є стохастичною нейронною мережею, оскільки навчання включає ланцюг Маркова. Процес навчання і роботи тут майже такий же, як і в мережі Хопфілда: нейронам надається певний початковий стан, а потім схема починає функціонувати вільно.

У процесі роботи нейрони можуть приймати будь-які стани, і ми постійно переходимо між вхідним нейроном і прихованим нейроном. Активація регулюється загальним значенням температури, а коли температура знижується, то й енергія нейрона.

Це зменшення енергії призводить до стабілізації нейрона. Тому, якщо температуру встановити правильно, система досягне рівноваги.

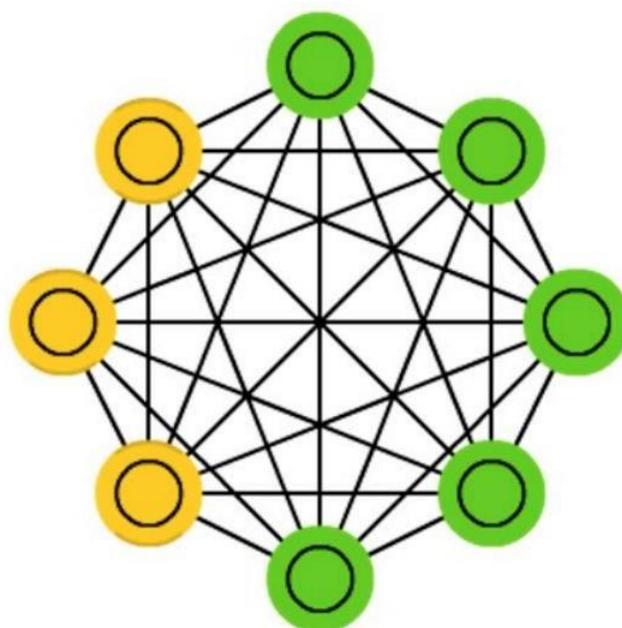


Рисунок 2.19 – Машина Больцмана

## Висновок до розділу 2

Дослідження предметної області дало можливість проаналізувати аналоги реалізації готових продуктів, методи які в них використовували, та які можна використати. Описано та проаналізовано методи нечіткої логіки та нейронних мереж що в більшості випадках використовують в аналогічних системах та цілком задовольняють для виконання поставленого завдання.

### 3 ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 3.1 Вдосконалення методу вибору оптимального раціону харчування із врахуванням індивідуальних особливостей

Аналіз існуючих методів та засобів показав для вирішення поставленого питання, можна використовувати принципово різні засоби та математичні методи. Через значну кількість проведених наукових досліджень, було прийнято рішення відмовитись від розробки принципового нового рішення для алгоритму підрахунку калорій, бо вже запропоновані методи враховують базові необхідні потреби для вирішення поставленого питання.

Але при більш детальному аналізі можна зрозуміти, що дані методи не являються досконалими, тому було прийняте рішення розглянути та провести вдосконалення одного з найкращих алгоритмів.

Модифікація повинна усунути першочергові неточності даних методів, збільшити точність розрахунків та удосконалити принцип роботи. Цього результату необхідно спромогтись за допомогою використання методів нечіткої логіки, методів експертної системи та бази правил, як результат, система повинна враховувати аспекти харчування та надати можливість користувачеві в зручному та простому вигляді отримати оптимальний раціон харчування.

В першому розділі було проаналізовано методи, що дозволяють отримати добову норму калорій, а також було детально проаналізовано що маєтсья на увазі під системою підбора раціонального раціону харчування. Так даний алгоритм, повинен враховувати особливості організму, поставлені цілі, та потреби користувача. Тому було прийнято рішення використати та вдосконалити наступний алгоритм що в базовому вигляді складається з 8 кроків.

$$\mu_k = \begin{Bmatrix} 0 \\ 1 \end{Bmatrix} \quad (3.1)$$

де  $\mu_k$  – змінна величина складу раціону які відповідають заданому ряду обмежень:

- Страви що входять в добовий раціон не повинні повторюватись;

$$\mu_k = 1; k \in k_a, k_b, k_c \quad (3.2)$$

- Загальна кількість калорій одного прийому їжі;

$$\sum_k \mu_k Q_k \leq Q_{\text{доб}} \eta_l \quad (3.3)$$

$Q_k$  – норма калорійності кожної страви;

$Q_{\text{доб}}$  – калорійність денного раціону;

$\eta_l$  – частина денного раціону що припадає на різні прийоми їжі, де:

$$\sum_l \eta_l = 1 \quad (3.4)$$

- Границі обсягу прийомів їжі:

$$\sum_k \mu_k V_k \leq V_{\text{доб}} \omega_l \quad (3.5)$$

де  $V_{\text{доб}}$  – границі добового раціону в грамах;

$V_k$  – загальний об'єм кожної окремої страви;

$\omega_l$  – частина добового раціону що припадає на окремий прийом їжі:

$$\sum_l \omega_l = 1 \quad (3.6)$$

- В межах границь вмісту хімічних елементів в стравах:

$$B_i^{min} \leq \mu_k \sum_j a_{ij} Z_{jk} \leq B_i^{max} \quad (3.7)$$

$B_i^{min}$  та  $B_i^{max}$  – нижні та верхні границі вмісту поживних речовин на добу ;

$a_{ij}$  – вміст поживної речовини на грам продукту;

$Z_{jk}$  – рекомендована кількість кожного елемента для кожної страви;

– Маса окремо взятої страви раціону харчування:

$$\sum_j Z_{jk} = Z_k \quad (3.8)$$

$Z_{jk}$  – вміст продуктів в кожній окремій страві;

$Z_k$  – вага окремої страви.

Перевагами даного алгоритму, через що було прийнято використати саме його, через великий спектр даних, що він приймає та оброблює, а саме алгоритм не допускає повторювання блюд в добовому раціоні, вираховує кількість поживних речовин в кожному окремому блюді, та за добу в цілому.

Особливості роботи даного алгоритму, подано наступним чином:

- для кожного прийому їжі з використанням ряду обмежень обираються страви з бази даних;
- обрані страви перевіряються на повторюваність, в випадку збігу, страва замінюється на аналогічні для прийому їжі, за допомоги першого кроку;
- алгоритм проводить перевірку загальної кількості калорій раціону, на відповідність до границь, розрахованих на основі особливостей користувача;
- проводиться перевірка страв добових раціонів на відповідність обмежень обсягів добового раціону;
- перевіряється загальна кількість складу поживних речовин добового раціону на відповідність необхідних значень

– якщо кожне блюдо пройшло перевірку на відповідність, то формування завершено, в випадках коли блюдо не пройшло перевірку, воно завіюється, після заміни нове блюдо так само повинно пройти перевірку.

Хоча дана модель в загальному сенсі відповідає усім поставленим вимогам, назвати її досконалою неможливо, тому в якості вдосконалення запропоновано видалити зайві обмеження.

Так в кроках 4, 5 не має сенсу, адже під час роботи даного алгоритму вони не зменшують вірогідність виникнення помилки, але створюють дві додаткові перевірки, через що виникає потреба в додаткових обчисленнях та призводить до збільшення загального часу на формування та перевірку раціону харчування.

Для досягнення зазначено, необхідно провести часткову модифікації алгоритму, для цього необхідно видалити формулу (3.) та додатково змінити обмеження, після заміни це буде виглядати наступним чином:

– В межах границь вмісту хімічних елементів в стравах:

$$B_i^{min} \leq \mu_k \sum_k a_{ik} \leq B_i^{max} \quad (3.9)$$

де  $B_i^{min}$  та  $B_i^{max}$  – граничні обмеження вмісту поживних речовин в раціону на добу;

$a_{ik}$  – кількість кожної окремої поживної речовини в кожній страві

Після даної модифікації алгоритм все ще не досконалий, так кількість обмежень в даному алгоритмі пропорційною мірою впливає на кількість ресурсів та часу, необхідних для проведення розрахунку. Тому для того щоб зменшити навантаження на пристрій та збільшити швидкість підрахунку необхідно змінити ряд обмежень:

– Видалити обмеження калорійності кожного окремого прийому їжі  
 – Додати підрахунок обсягу калорій для кожного прийому їжі за принцип граничних значень.



Результатом даної модифікації буде заміна першочергових формул (3.4) та (3.5) відповідно на наступні:

$$V_{nk} = \left( \frac{Q_{\text{доб}} \eta_l \beta_{mk}}{Q_k} \right) * 100 \quad (3.10)$$

$V_{nk}$  – обсяг окремої страви в кожному прийому їжі;

$Q_{\text{доб}}$  – загальне обмеження калорій добового раціону;

$\eta_l$  – частина калорійності кожного окремого прийому їжі;

$Q_k$  – загальна калорійність кожного блюда в калоріях;

$\beta_{mk}$  – частина страви кожного типу в кожному окремому прийому їжі:

$$\sum_m \beta_{mk} = 1 \quad (3.11)$$

Завдяки даній модифікації де було додатково додано коефіцієнт  $\beta$  що використовується для являє собою окремою частинною кожного блюда для окремого прийому їжі, було досягнуто збільшення точності розрахунків.

Для коректної роботи модифікованого алгоритму його необхідно забезпечити рядом обмежень та даних. Ці дані повинні складатися з базових фізичних даних користувача, таких як зріст, вік та вага, поставлену ціль, таку як схуднення, набір або підтримка ваги, та розраховану на основі даних показників граничні обмеження добового споживання калорій для виконання поставлених завдань.

На основі проведеного в першому розділі аналізу, було прийнято рішення використовувати метод Кетч-МакАрда, тому для подальшого проведення наукового дослідження будемо використовувати саме його.

Виходячи з виконаної роботи можна побачити, що алгоритм після модифікації дозволяє виконати більшість поставлених задач, має ряд важливих обмежень, що впливають на фінальний результат, але тим не менше досі не

враховується важливий аспект харчування, як наявність у користувача протипоказань в їжі, а також вподобання в блюдах.

Тому для реалізації даного методу необхідно створити окремий модуль на основі нечіткої логіки, дослідження та порівняння яке проводилося в другому розділі показало, що саме цей метод є найбільш цікавим та актуальним для використання та подальшого наукового дослідження.

### **3.2 Розробка методу на основі нечіткої логіки**

Удосконалений метод підбору що було описано вище є основним методом для формування необхідного раціону харчування на основі показників, для отримання вхідних даних від користувача використано метод підрахунку калорій Кетч-МакАрдла.

Даний вибір є досить оптимальним та вірогідно для багатьох випадків є кінцевою стадією для реалізації, але в представленому вигляді система працює лише з 4 показниками, а саме калоріями, білками, жирами, вуглеводами. Це можна вважати оптимальним мінімумом, але організм людини більш складний ніж може здатися на перший погляд тому необхідно переглянути спектр значень для розрахунків та отримання фінального результату.

Так для підтримання належного стану організму, людина повинна отримувати збалансований раціон до складників якого входять поживні речовини з наступних продуктових груп: фрукти, овочі, крупи, м'ясо, молочні вироби, олія.

Даний спектр продуктів у своїх складниках має всі 4 зазначені речовини, але для отримання збалансованого раціону вкрай важливо зберігати відповідне співвідношення зазначених продуктових груп в загальному раціоні. Тому для досягнення поставленої мети необхідно розробити метод який буде перевіряти співвідношення даних показників їжі.

Загальні співвідношення даних наборів їжі було неодноразово представлено в дослідженнях від USDA у вигляді таблиць, пірамід та кіл, так в останній

реалізації під назвою Myplate але недоліком даного методу є те що всі групи в формують абсолютне значення й відсутні значення для кожної окремої групи, кожна група має свої особливості та гранично допустимі норми відхилення, та вплив кожної окремої групи в разі відхилення буде різний. Так в випадку значного відхилення в більшу сторону продукту з групи олія, вплив на організм буде більш суттєвий ніж відхилення в більшу сторону з групи фруктів або овочів.

В даному випадку є потреба використати саме методи нечіткої логіки, це зумовлено тим, що нечіткі системи та методи використовують нечіткі рекомендації та краще працюють коли використовується оптимальний діапазон, а не одне кінцеве значення, в даних умовах нечітка логіка показує більш доцільні результати.

Для розрахунку споживання кожної окремої поживної речовини, для кожної окремої групи продуктів необхідно помножити на середній вміст поживних речовин в даній групі, сума обсягів даних розрахунків дорівнює загальному споживанню поживних речовин, формула (3.12)

$$intake(i) = f * nutrient(i) + v * nutrient(i) + g * nutrient(i) + m * nutrient(i) + d * nutrient(i) + o * nutrient(i) \quad (3.12)$$

Де  $i$  – поживні речовини,  $f$ - фрукти,  $v$ - овочі,  $g$ - крупи та злаки,  $m$  – м'ясні вироби,  $d$  – молочна продукція,  $o$  – жири та олія.

Для спрощення розрахунків та подальших обчислень необхідно ввести систему оцінки поживних речовин отриманих від кожної окремої групи товарів, для енергетичної функції та зображення у вигляді балу. Так як споживання енергії має більший вплив на організм ніж інші поживні речовини було вирішено при розрахунках надати пріоритет саме енергетичної складової, тому після визначення важливості споживання енергії рівняння матиме наступний вигляд:

$$Score(f, v, g, m, d, o) = \sum_{i=1}^{20} F(i) + \omega * F(energy) \quad (3.13)$$

Де  $F(i)$  – адекватне споживання для кожної окремої речовини,  $\omega * F(\text{energy})$  – показник енергії.

Для поживних речовин в основі яких використовують рекомендовану дієтичну формулу (RDA) та в випадках адекватного значення споживання (AI) використовується наступна формула:

$$F(i) = \begin{cases} 100 * intake_{(i)} \geq standart_{(i)} \\ (standart_{(i)} - intake_{(i)} * 100) * intake_{(i)} < standart_{(i)} \end{cases} \quad (3.14)$$

Де,  $intake_{(i)}$ - кількість речовин що отримана,  $standart_{(i)}$  – рекомендована кількість речовин.

Для поживних речовин, таких як: білки, жири, вуглеводи, та інші, де допустимі значення можуть коливатися в діапазоні чисел, використовується наступна формула для розрахунку:

$$F_{(i)} = \begin{cases} 100 * lower\ range_{(i)} \leq intake_{(i)} \leq upper\ range_{(i)} \\ 100 - \frac{(lower\ range_{(i)} - intake_{(i)})}{lower\ range_{(i)}} * 100 & lower\ range_{(i)} > intake_{(i)} \\ 100 - \frac{(intake_{(i)} - upper\ range_{(i)})}{upper\ range_{(i)}} * 100 & intake_{(i)} > upper\ range_{(i)} \end{cases} \quad (3.15)$$

Де:  $lower\ range_{(i)}$  – нижня границя необхідних поживних речовин,  $intake_{(i)}$  – отримана кількість поживних речовин,  $upper\ range_{(i)}$  - верхня границя необхідних поживних речовин.

Для ненасичених жирів та холестерину для оцінки яких використовують методи UL найвищий рівень споживання речовини, який не несе ризику для здоров'я організму використано наступну формулу:

$$F_{(i)} = \begin{cases} 100 \text{ Intake}_{(i)} \leq \text{standart}_{(i)} \\ \left( \frac{\text{intake}_{(i)}}{\text{standart}_{(i)}} \right) * 100 \text{ intake}_{(i)} > \text{standart}_{(i)} \end{cases} \quad (3.16)$$

Де,  $\text{intake}_{(i)}$  – отримана кількість поживних речовин,  $\text{standart}_{(i)}$  – рекомендована кількість речовин.

Для використання методу нечіткої логіки отримані значення поживних речовин для кожної окремої групи товарів було змінено до подвійних значень системи зазначених в методі Myplate на 0,5 порції. Для отримання загального оцінки споживання для окремого показника необхідно підсумувати загальну кількість спожитих речовин усіма групами. Для отримання значень споживання групи овочів було використано наступну формулу:

$$vegetable_{totalscore}(i) = \sum_{f=1}^{2Myplate(f)} \sum_{g=1}^{2Myplate(g)} \sum_{m=1}^{2Myplate(m)} \sum_{d=1}^{2Myplate(d)} \sum_{o=1}^{2Myplate(o)} score(f, v, g, m, d, o) \quad (3.17)$$

Де  $i$  – поживні речовини,  $f$ - фрукти,  $g$ - крупи та злаки,  $m$  – м'ясні вироби,  $d$  – молочна продукція,  $o$  – жири та олія.

Після обчислення загального балу для кожної окремої групи товарів отримане значення було поділене на максимальне значення відповідної групи, для зведення отриманих значень для подальшого використання в просторі нечіткої множини, тобто значення відповідають діапазону від 0 до 1. Тому для кожного значення з шести окремих груп продуктів було побудовано графіки з загальним інтервалом в 0,5.

Для зображення та подальшого дослідження було проведено дослідження для розрахунку граничних значень для раціону в 2000 калорій, так було отримано наступні графіки для кожної групи:

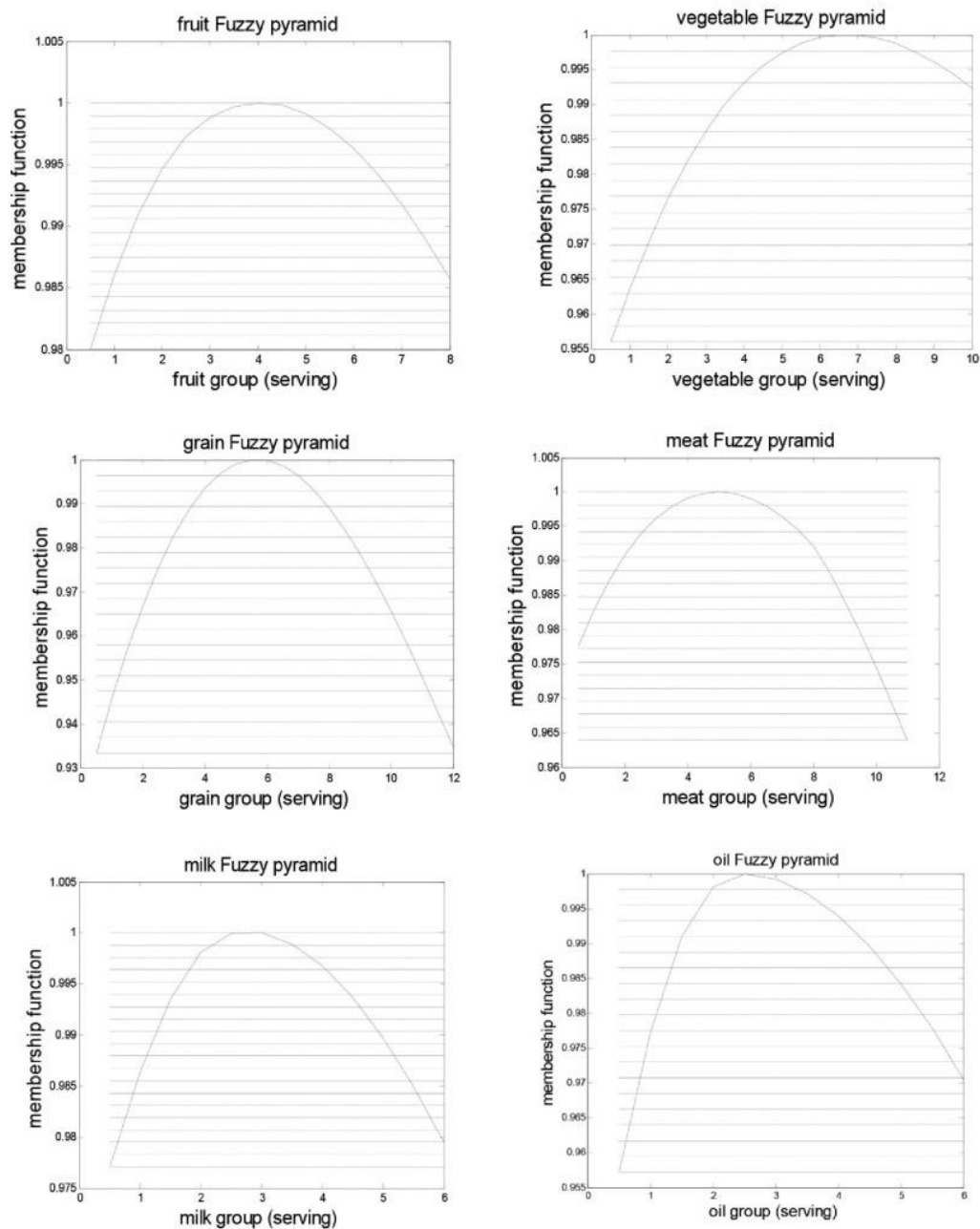


Рисунок 3.1 – графік граничних показників на основі нечіткої логіки

Для спрощення подальшого проведення наукового дослідження та використання даного метода, на дані графіки необхідно нанести обмеження для кожної з зон впливу:

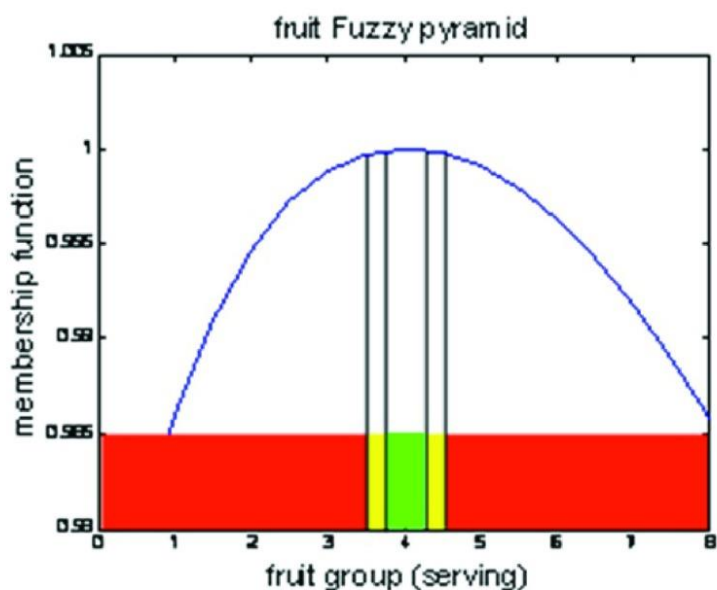


Рисунок 3.2 – графік граничних показників для фруктів з відображеними зонами границь значень

На рисунку 3.2 можна побачити приклад нанесення граничних значень на графік. Де: червоний колір – критичні відхилення (небезпечна зона), жовта зона – допустиме відхилення (допустима зона), зелений колір рекомендоване значення (оптимальна зона)

Використання даного формату зон зумовлено необхідністю врахування можливої помилки, так до оптимальної зони відноситься помилка до 5% від необхідного результату, для допустимого значення похибка в діапазоні від 5% до 10%, якщо похибка складає більше 10% то дані значення відносяться до критичних відхилень.

Таблиця 3.1 – границі похибки для раціону в 2000 калорій

Зона значень	Відсоток відхилення
Оптимальне(1900-2100 калорій)	До 5%
Допустиме(1800-2200 калорій)	5-10%
Незадовільне	+10%

На основі вище сказано було оформлено наступну таблицю де представлено граничні значення для кожної зони. Так для кожної групи продуктів харчування було знайдено 4 значення, проміжки між якими утворюють необхідний діапазон значень для кожної зони. Значення що не входять в зазначені діапазони вважаються зонами небезпеки, або критичними похибками та неможливі для використання.

Таблиця 3.2 – діапазони значень продуктових груп для раціону в 2000 калорій

Границя	Фрукти	Овочі	Крупи	Молочні	М'ясо	Олія
Гранично мале значення	3,5	6	5,5	2,25	4,2	2,2
Нижня оптимальна границя	3,75	6,25	5,75	2,5	4,5	2,5
Верхня оптимальна границя	4,25	7	6,25	3	5,2	2,75
Гранично великі значення	4,5	7,5	6,5	3,25	5,5	3

Після цього було порівняно оптимальні кількості поживних речовин та їх дієтичні стандарти споживання(DRI) та представили отримані значення в відсотках від DRI після цього використали такий самий метод для оцінки та розбили на окремі зони за принципом процентного відхилення від заданого граничного значення в калоріях. Для прикладу реалізації було так само використано обмеження в 2000 калорій, тому значення в таблиці 3.1 відповідають обмеженням для кожної зони. Результати обробки та розбиття на зони для кожного елемента було зображено в таблиці 3.3.



Таблиця 3.3 – граничні інтервали поживних речовин для раціону харчування в 2000 калорій

Нутрієнт	Гранично малі		Нижні нормальні		оптимальні		Верхні нормальні		Гранично верхні	
	сума	% DRI	сума	% DRI	сума	% DRI	сума	% DRI	сума	% DRI
калорії	1800		1900		2000		2100		2200	
вуглеводи	242,7		255,8		270		284,2		299,5	
% вуг.	51,5		51,5		51,5		51,5		51,5	
Клітковина	26,8	95,6	28	100,1	29,6	105,7	31,2	111	33	118
білок	76,9	167	82,3	179	88,5	192,3	94,6	205	100,7	218
% білка	17,2		17		17,5		18		18	
Жири	62.2		66.3		68.9		71.5		75.1919	
% Жирів	31.3		31.5		31		30.5		30.5	
Насичені кислоти	17.8		18.6		19.2		19.8		20.6	
%Насичені кислоти	8.9		8.8		8.7		8.5		8.4	
МнЖК	22.6		24.0		24.9		25.9		27.2	
% МнЖК	11.3		11.4		11.2		11.1		11.0	
ПнЖК	17.7		19.3		20.1		21.0		22.4	
%ПнЖК	8.9		9.1		9.05		9.0		9.1	
Лінолева кислота	15.9	99.4	17.3	108.1	18.1	113.1	18.8	117.5	20.1	125.6
Альфа-лінолева	1.6	88.9	1.8	100	1.85	102.8	1.9	105.5	2.0	111.1
Холестерин	189.0		200.8		214.3		227.8		239.6	
Вітамін А	1086.9	133.1	1144.7	163.5	1213.5	173.4	1282.4	185.7	1363.9	194.8
Вітамін Е	9.1	60.8	9.8	65.3	10.3	68.6	10.8	72.0	11.5	76.9
Вітамін С	150.7	183.2	159.6	212.8	169.7	226.3	179.9	239.8	191.3	255.1
Тіанін В1	1.9	133.1	2.0	141.0	2.1	149.8	2.2	158.6	2.3	167.8
В2	2.3	208.2	2.5	224.6	2.65	241.8	2.8	259.0	3.0	276.5

Продовження таблиці 3.3 – граничні інтервали поживних речовин для раціону харчування в 2000 калорій

Нутрієнт	Гранично малі		Нижні нормальні		оптимальні		Верхні нормальні		Гранично верхні	
Ніасин В3	19.4	138.6	20.5	146.4	21.7	155.3	23.0	164.3	24.2	173.2
Вітамін В6	2.0	152.0	2.1	160.1	2.2	169.7	2.3	179.3	2.5	189.7
Фолієва кислота	681.5	170.4	716.0	179.0	756	189	796.0	199.0	840.9	210.2
Вітамін В12	6.3	261.3	6.8	283.9	7.4	307.7	8.0	331.6	8.5	354.2
Залізо	16.6	92.3	17.4	96.9	18.4	102.2	19.4	107.6	20.4	113.4
Кальцій	1089.4	108.9	1185.0	118.5	1284.6	128.5	1384.3	138.4	1487.4	148.7
Магній	350.8	113.2	372.2	120.1	396.6	127.9	421.0	135.8	447.4	144.3
Цинк	12.1	150.7	12.9	160.7	13.7	171.9	14.7	183.3	15.6	194.5
Фосфор	1477.4	211.1	1588.3	226.9	1708.0	244.0	1827.8	261.1	1950.0	278.6
Мідь	1.4	160.9	1.5	169.7	1.6	180.1	1.7	190.5	1.8	201.9
Калій	3732.4	79.4	3982.2	84.7	4265.9	90.7	4549.6	96.8	4858.2	103.4

Де МЖК – мононенасичені жирні кислоти, ПнЖК – полі ненасичені жирні кислота. Так завдяки розробленому методу на основі нечіткої логіки було розроблено метод який дозволяє розраховувати оптимальні показники для подальшого використання в складанні раціону харчування.

### Висновок до розділу 3

Було проведено наукове дослідження де завдяки розробленому алгоритму з використанням нечіткої логіки було розроблено нечіткі набори для опису діапазону споживання для кожної групи харчових продуктів. Нечіткий набір значень для фруктової групи мав майже симетричний вигляд, показники приналежності зменшилися до меншої порції, це можна пояснити великою кількістю поживних речовин та вмістом клітковини в фруктах.

Групи овочів та м'яса є найбільш цікавими адже результати для кожної групи виявилися протилежними, для овочів споживання більшої кількості що перевищують рекомендовану точку має менше значення функції приналежності, а крива мала більший менший градус. Тоді як для м'яса результати виявились протилежними, так за результатами змінення кривої можна побачити, що бажано споживати меншу порцію, а не більшої у випадку виходу за рекомендовані границі. Такий результат може бути пов'язано з великою кількістю ненасичених жирів, холестерину, та низькій щільності калорій .

Група круп та злаків демонструє досить круті падіння з обох боків що виходять за границі, та досить вузький діапазон нормальних та оптимальних значень порівняно з іншими групами, це означає що будь-які випадки виходу за границі матимуть по своєму однаково негативний вплив на користувача. Групи олії та молочних продуктів мали найгостріші кути в випадках виходу за границі оптимальних значень, що вказує на значний негативний вплив в разі виходу за границі, тому вихід за границі в даному випадку є неприпустимим.

Так використання метода на основі нечіткої логіки дозволяє отримати досить точні дані стосовно мінералів, вітамінів та даних для подальшого складання раціону харчування, що в свою чергу дозволяє скласти найбільш отримати найбільш актуальні та оптимальні дані на основі індивідуальних особливостей окремої людини.

## **Висновок**

Під час написання магістерської роботи було проведено ретельний аналіз аспекту дієтології та харчування, було розглянуто актуальні методи для детального розуміння та проведення розрахунків з витрат енергії в різних станах та під час різного роду активності. Проаналізовано та порівняно найбільш відомі та актуальні методи для підрахунку необхідного добового рівня калорій, на основі персональних показників та активності людини.

Було проаналізовано предметну область магістерської роботи, так було розглянуто можливі методи реалізації аналогічних додатках та наукових дослідженнях. Було описано головні недоліки найбільш відомих методів, та порівняно з методами на основі нечіткої логіки. Детально розглянуто та описано методи на основі нейронних мереж як найбільший актуальний аналог для методів нечіткої логіки, розглянуто та описано методи нечіткої логіки, основні особливості, принципи роботи, та ряд методів оснований на цих принципах.

Проведено наукове дослідження в якому було модернізовано алгоритм для роботи з методом нечіткої логіки, та методом розрахунку добової норми калорій на основі персональних показників, на основі відомих алгоритмів розроблено алгоритм підрахунку та зведення даних до необхідних критерій використання з методами нечіткої логіки. Розроблено нечітку модель для розрахунку граничних норм для шести харчових груп, та ряду поживних речовин та мінералів.

Результатами проведеної роботи є збільшення точності розрахунків граничних меж для харчових груп, та вітамінів для подальшого підбору оптимального раціону харчування на основі окремих особливостей та потреб людського організму.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Fuzzy Nutrition System [Електронний ресурс ] // ResearchGate Режим доступу до ресурсу: <https://www.researchgate.net/profile/Adnan-Shaout/publication/257427637>

2 Fuzzy logic modeling in nutrition planning – application on meals in boarding school [Електронний ресурс ] // ResearchGate Режим доступу до ресурсу: <https://www.researchgate.net/publication/241895485>

3 Herbal nutrition product recommender system using Mamdani fuzzy logic [Електронний ресурс ] // ResearchGate Режим доступу до ресурсу: <https://www.researchgate.net/publication/344804332>

4 Procedia technology [Електронний ресурс ] // ScienceDirect Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221201731300474X>

5 Історія дієтології [Електронний ресурс ] // Режим доступу до ресурсу: <https://harchi.info/articles/istoriya-diyetologiyi>

6 Personalized Nutrient profiling of Food Patterns [Електронний ресурс ] // MDPI Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/2/379>

7 Penerapan Fuzzy Logic untuk Menentukan Minuman Susu Kemasan Terbaik dalam Pengoptimalan Gizi [Електронний ресурс ] // ReserchGate Режим доступу до ресурсу: <https://www.researchgate.net/publication/350493821>

8 Comparison between resting energy expenditure measured by indirect calorimetry and metabolic rate estimate based on Harris-Benedict equation in septic patients [Електронний ресурс ] // ReserchGate Режим доступу до ресурсу: <https://www.researchgate.net/publication/312220836>

9 Accuracy of the Resting Energy Expenditure Estimation Equations for Healthy Women [Електронний ресурс ] // MDPI Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/2072-6643/13/2/345/htm>

10 Ability of the Harris Benedict formula to predict energy requirements differs with weight history and ethnicity [Електронний ресурс ] // National

Library of Medicine Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2598419/>

11 Modification of the Harris-Benedict Equation to Predict the Energy Requirements of Critically Ill Patients during Mild Therapeutic Hypothermia [Электронный ресурс ] // in vivo Режим доступа до ресурсу:  
<https://iv.iiarjournals.org/content/22/1/143>

12 Artificial neural networks: A novel approach to analysing the nutritional ecology of a blowfly species, *Chrysomya megacephala* [Электронный ресурс ] // Oxford Academic Режим доступа до ресурсу:  
<https://academic.oup.com/jinsectscience/article/10/1/58/842925?login=false>

13 Nutritional Needs Recommendation based on Fuzzy Logic [Электронный ресурс ] // ScienceDirect Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221201731300474X>

14 Automated and Personalized Nutrition Health Assessment, Recommendation, and Progress Evaluation using Fuzzy Reasoning [Электронный ресурс ] // ScienceDirect Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1071581921000288?via%3Dihub#preview-section-references>

15 A Comparison of Food-Based Recommendations and Nutrient Values of Three Food Guides: USDA's MyPyramid, NHLBI's Dietary Approaches to Stop Hypertension Eating Plan, and Harvard's Healthy Eating Pyramid [Электронный ресурс ] // ScienceDirect Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0002822307022158>

16 Do economic constraints encourage the selection of energy dense diets [Электронный ресурс ] // ScienceDirect Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195666303001132>

17 Nutri-Educ, a nutrition software application for balancing meals, using fuzzy arithmetic and heuristic search algorithms [Электронный ресурс ] // ScienceDirect Режим доступа до ресурсу:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0933365707001637>

18 Development of Food Intake Patterns for the MyPyramid Food Guidance System [Электронный ресурс ] // ScienceDirect Режим доступа до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1499404606005628>

19 The Use of Fuzzy Logic in Nutrition [Электронный ресурс ] // Oxford Academic Режим доступа до ресурсу: [https://academic.oup.com/jn/article/126/suppl\\_9/2337S/4722946](https://academic.oup.com/jn/article/126/suppl_9/2337S/4722946)

20 How optimal are computer-calculated optimal diets? [Электронный ресурс ] // European Journal of Clinical Nutrition Режим доступа до ресурсу: <https://www.nature.com/articles/1600727>

21 Food-Based Dietary Guidelines Can Be Developed and Tested Using Linear Programming Analysis [Электронный ресурс ] // Oxford Academic Режим доступа до ресурсу: <https://academic.oup.com/jn/article/134/4/951/4757153>

22 Does Dietary Intake by Tehranian Adults Align Dietary Guidelines for Americans? Observations from the Tehran Lipid and Glucose Study [Электронный ресурс ] // National Library of Medicine Режим доступа до ресурсу: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3075058/>

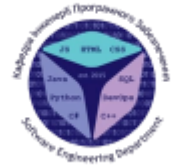
23 Sun L. Using Bayesian networks for bankruptcy prediction: Some methodological issues // Lili Sun, Prakash P. Shenoy // European Journal of Operational research. – 2007. – № 180. – P. 738–753

24 Mifflin M. D. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals / M. D. Mifflin // The American journal of clinical nutrition – №. 2. – P. 241-247.

Додаток А  
Демонстраційні матеріали



ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ



Кафедра інженерії програмного забезпечення

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**«РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДБОРУ РАЦІОНУ  
ХАРЧУВАННЯ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ»**

Виконав: студент групи ПДМ-62 Фурман Кирило Дмитрович

Керівник: к.т.н., доц., доцент кафедри ІІЗ Трінтіна Наталія Альбертівна

Київ - 2023



## МЕТА, ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

**Мета роботи:** вдосконалити процесу підбору раціону харчування з використанням математичних моделей на основі нечіткої логіки.

**Об'єкт дослідження:** процес підбору раціону харчування

**Предмет дослідження:** методи нечіткої логіки

2

## Порівняння існуючих методів

	Точність результатів	Швидкість роботи алгоритму	Врахування великої кількості показників
Нейронні мережі	+	-	+
Лінійні алгоритми	-	+	-
Дерева рішень	+	-	+
Симплексе метод	-	-	+
Нечітка логіка	+	+	+

3

## Модифікована математична модель

$$\begin{aligned} intake(i) \\ = f * nutrient(i) + v * nutrient(i) + g * nutrient(i) + m * nutrient(i) + d \\ * nutrient(i) + o * nutrient(i) \end{aligned}$$

Де  $i$  – поживні речовини,  $f$ - фрукти,  $v$ - овочі,  $g$ - крупи та злаки,  $m$  – м'ясні вироби,  $d$  – молочна продукція,  $o$  – жири та олія.

$$Score(f, v, g, m, d, o) = \sum_{i=1}^{20} F(i) + \omega * F(energy)$$

Де  $F(i)$  – адекватне споживання для кожної окремої речовини,  $\omega * F(energy)$  – показник енергії.

4

## Модифікована математична модель

$$F(i) = \begin{cases} 100 * intake_{(i)} \geq standart_{(i)} \\ 100 - \frac{(standart_{(i)} - intake_{(i)})}{standart_{(i)}} * 100 & intake_{(i)} < standart_{(i)} \end{cases}$$

Де,  $intake_{(i)}$  - кількість речовин що отримана,  $standart_{(i)}$  – рекомендована кількість речовин.

$$F(i) = \begin{cases} 100 * lower\ range_{(i)} \leq intake_{(i)} \leq upper\ range_{(i)} \\ 100 - \frac{(lower\ range_{(i)} - intake_{(i)})}{lower\ range_{(i)}} * 100 & lower\ range_{(i)} > intake_{(i)} \\ 100 - \frac{(intake_{(i)} - upper\ range_{(i)})}{upper\ range_{(i)}} * 100 & intake_{(i)} > upper\ range_{(i)} \end{cases}$$

Де:  $lower\ range_{(i)}$  – нижня границя необхідних поживних речовин,  $intake_{(i)}$  – отримана кількість поживних речовин,  $upper\ range_{(i)}$  - верхня границя необхідних поживних речовин.

5

## Модифікована математична модель

$$F_{(i)} = \begin{cases} 100 & \text{Intake}_{(i)} \leq \text{standart}_{(i)} \\ \left( \frac{\text{intake}_{(i)}}{\text{standart}_{(i)}} \right) * 100 & \text{intake}_{(i)} > \text{standart}_{(i)} \end{cases}$$

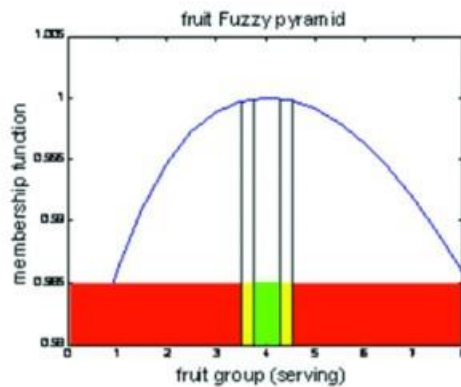
Де,  $\text{intake}_{(i)}$  – отримана кількість поживних речовин,  $\text{standart}_{(i)}$  – рекомендована кількість речовин.

$$vegetable_{totalscore}^{(i)} = \sum_{f=1}^{2Myplate}^{(f)} \sum_{g=1}^{2Myplate}^{(g)} \sum_{m=1}^{2Myplate}^{(m)} \sum_{d=1}^{2Myplate}^{(d)} \sum_{o=1}^{2Myplate}^{(o)} score(f, v, g, m, d, o)$$

Де  $i$  – поживні речовини,  $f$  – фрукти,  $g$  – крупи та злаки,  $m$  – м'ясні вироби,  $d$  – молочна продукція,  $o$  – жири та олія.

6

## Результати дослідження



Границя	Фрукти	Овочі	Крупи	Молочні	М'ясо	Олія
Гранично мале значення	3,5	6	5,5	2,25	4,2	2,2
Нижня оптимальна границя	3,75	6,25	5,75	2,5	4,5	2,5
Верхня оптимальна границя	4,25	7	6,25	3	5,2	2,75
Гранично великі значення	4,5	7,5	6,5	3,25	5,5	3

## ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз предметної області
2. Проаналізовано та описано існуючі методи, інструменти та рішення в предметній області
3. Вдосконалено метод підбору раціону харчування із врахуванням індивідуальних особливостей
4. Розроблено тестову систему для перевірки результатів дослідження
5. Опубліковано результати дослідження на науковій конференції

8

## ПУБЛІКАЦІЇ ТА АПРОБАЦІЯ РОБОТИ

### **Статті:**

Фурман К. Д., Трінтіна Н. А. Вдосконалення системи підбору раціону харчування на основі нечіткої логіки// Науково фахове видання «Зв'язок» - Київ: ДУТ – подано до друку.

### **Тези доповідей:**

Фурман К. Д., Трінтіна Н. А. Розробка інформаційної технології підбору раціону харчування на основі нечіткої логіки // XV Науково-технічну конференція «Сучасні інфокомунікаційні технології» – Київ: ДУТ, 2022 – подано до друку.

9

**ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!**