

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

НОВИЦЬКИЙ МАКСИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

Допускається до захисту:
в.о. завідувача кафедри
інформаційних технологій
канд. техн. наук, доцент
_____ О. В. Зелінська
« ____ » _____ 20__ р.

**СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ
ОРГАНІЗАЦІЇ ЗДОРОВОГО СТИЛЮ ЖИТТЯ**

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки

Кваліфікаційна (магістерська) робота

Науковий керівник:
О. П. Ротштейн, професор кафедри
інформаційних технологій,
докт. техн. наук, професор

Оцінка: _____ / _____ / _____
(бали/за шкалою ЄКТС/за національною шкалою)

Голова ЕК: _____

АНОТАЦІЯ

Новицький М. О. Система підтримки прийняття рішень для організації здорового стилю життя. Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки», Освітня програма «Комп'ютерні технології обробки даних». Донецький національний університет імені Василя Стуса, Вінниця, 2024.

У кваліфікаційній (магістерській) роботі досліджено актуальність боротьби з зайвою вагою, використовуючи нечітку когнітивну карту як модель системи. Обрані фактори, такі як правильна вага, лень, спорт та інші, взаємодіють в системі, яка моделюється графом. Сили впливу підбрані експертно, враховуючи психологічні аспекти. Ранжування факторів та порівняння результатів моделювання дозволили виявити вирішальні впливові фактори та розробити програмний код для обчислення результатів. Результати вказують на можливі рішення та визначають напрямки подальших досліджень.

Ключові слова: нечіткі когнітивні карти, системний аналіз, зайва вага, здоров'я, моделювання.

65 с., 11 табл., 16 рис., 37 джерел.

Novytskyi M. O. Decision Support System for the Healthy Lifestyle Organization. Specialty 122 «Computer Science», Programme «Computer Data Processing Technologies». Vasyl' Stus Donetsk National University, Vinnytsia, 2024.

The master's thesis explores the relevance of combating excess weight using a fuzzy cognitive map as a system model. Selected factors such as proper weight, laziness, sports, etc., interact in a graph-modeled system. Influence forces are expertly chosen, considering psychological aspects. Factor ranking and simulation result comparisons identify crucial influencers, leading to the development of a program code for result computation. Findings indicate potential solutions and set directions for further research.

Keywords: fuzzy cognitive maps, system analysis, excess weight, health, modeling.

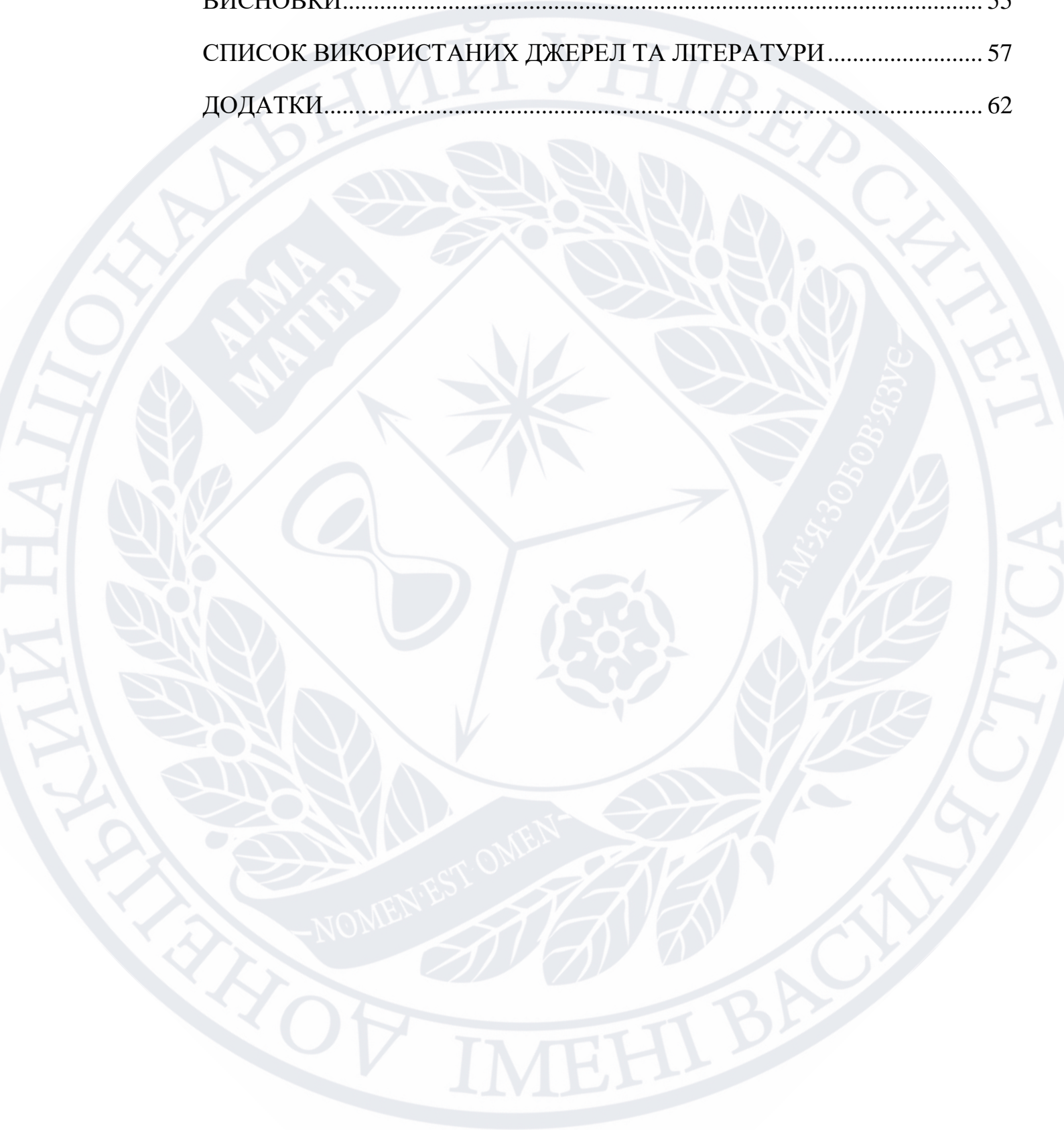
65 p., 11 tables, 16 fig., 37 sources.



ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1 Проблема боротьби з зайвою вагою.....	9
1.2 Сучасні роботи та поточний стан досліджень в області.....	12
1.3 Задачі роботи	13
РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА СПІВВІДНОШЕННЯ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ.....	15
2.1 Опис основних властивостей нечітких когнітивних карт	15
2.2 Опис рекурентного співвідношення	16
2.3 Прогнозування вихідного значення системи	18
2.4 Налаштування нечіткої когнітивної карти	19
РОЗДІЛ 3 НЕЧІТКА КОГНІТИВНА КАРТА ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ.....	25
3.1 Вибір концептів для НКК, присвяченій боротьбі з зайвою вагою	25
3.2 Оцінювання концептів.....	25
3.3 Взаємні впливи концептів та візуальне відображення.....	25
3.4 Використання рекурентного співвідношення.....	28
РОЗДІЛ 4 СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БОРОТЬБИ З ЗАЙВОЮ ВАГОЮ	30
4.1 Приклади використання моделі.....	30
4.2 Ранжування факторів, які впливають на правильну вагу	40
4.3 Налаштування НКК	43

РОЗДІЛ 5 СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ	53
ВИСНОВКИ.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ.....	57
ДОДАТКИ.....	62



ВСТУП

Протягом останніх десятиліть спостерігається зростання рівня зайвої ваги та ожиріння по всьому світу. Ця проблема стала ще більш актуальною під час пандемії COVID-19, коли загальний карантин та перехід до дистанційних форм праці спричинили зниження фізичної активності вагової частини населення по всій планеті. Водночас потрібно пам'ятати, що здорове харчування і фізична активність є важливими чинниками для зміцнення імунної системи. Завдяки кращій освіті, трендам, та актуальності проблеми, у наш час люди стають все більш свідомими щодо важливості здорового харчування і фізичної активності для збереження доброго фізичного і психічного здоров'я. Це сприяє попити на інструменти та системи, які допомагають управляти харчуванням. Розвиток сучасних технологій і поява мобільних додатків, інтернет-ресурсів та пристроїв, що носять на тілі, зокрема смарт-годинників та фітнес-браслетів, дозволяє створити системи підтримки прийняття рішень, які можуть надавати персоналізовані поради щодо харчування та фізичної активності. Незважаючи на таку доступність інформаційних ресурсів та збільшення обсягу даних, багато людей можуть відчувати перенасиченість інформацією та розгубленість, особливо зважаючи на те, скільки кількісних показників потрібно аналізувати, щоб побудувати правильний та збалансований раціон харчування. Ситуація значно ускладнюється тим, що кожна людина унікальна в своїх потребах, отже існує потреба в індивідуальному підході до вирішення проблем зі здоров'ям або коригуванням стилю життя. Зважаючи на все вищевикладене, розробка система підтримки прийняття рішень для надання порад з покращення стилю життя та, в особливості, харчування, залишається актуальною і важливою для багатьох людей, яким важливо покращити своє здоров'я та якість життя.

Нечіткі когнітивні карти – це інструмент, який допомагає представити та аналізувати нечітку і неструктуровану інформацію у вигляді графічного зображення з використанням понять нечіткості та нечітких множин. Нечіткі

когнітивні карти можуть допомогти при прийнятті рішень в умовах нечіткості та невизначеності. Вони дозволяють візуалізувати різні альтернативи та зважувати їх за різними критеріями, враховуючи рівень важливості кожного критерію. Нечіткі когнітивні карти допомагають структурувати та аналізувати нечітку інформацію в контексті прийняття рішень, що робить їх потужним інструментом у ситуаціях, коли точність та чіткість обмежені. Саме це робить їх тим засобом, за допомогою якого можна побудувати систему підтримки прийняття рішень для поліпшення здоров'я окремого індивіда, враховуючи нечіткі оцінки окремих ознак, які разом сформулюють систему, яка буде здатна показати, як окремі явища впливають на ту чи іншу частину життя, яку потрібно покращити.

Об'єктом дослідження є вплив когнітивних зв'язків людини на прийняття здорових звичок та боротьбу з зайвою вагою.

Предметом даного дослідження є нечіткі когнітивні карти як основа системи підтримки прийняття рішень для корекції стилю життя, що має на меті боротьбу з зайвою вагою.

Мета – побудова математичної моделі, що лежить в основі системи підтримки психологічно-терапевтичних рішень в області боротьби з зайвою вагою.

Методом дослідження є нечіткі когнітивні карти.

Завданнями дослідження є:

1. Аналіз факторів, які впливають на успішність процесу схуднення.
2. Розробка математичної моделі, що описує динаміку зміни ваги людини в залежності від різних факторів, що впливають на вагу.
3. Проведення комп'ютерних експериментів для визначення ефективності розробленої моделі в різних сценаріях поведінки особи, яка прагне схуднути.
4. Розробка структури комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень, базованої на нечітких когнітивних картах.

Робота складається з 5 розділів. В першому з них досліджується актуальний стан досліджень в області, проблематика, та задачі роботи. В другому наведено основні поняття на співвідношення нечітких когнітивних карт. В третьому розділі розроблено нечітку когнітивну карту боротьби з зайвою вагою. В четвертому розділі було проведено моделювання різних сценаріїв боротьби з зайвою вагою, а також налаштування нечіткої когнітивної карти. В п'ятому розділі наведено основні відомості про систему підтримки прийняття рішень.

Загальний обсяг роботи: 65 сторінок. Обсяг основної частини роботи: 56 сторінок.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Проблема боротьби з зайвою вагою

Проблема правильного харчування не потребує представлення в сучасному світі, де вплив неактивного образу життя, а також неправильного харчування вже визначає здоров'я сучасного світового суспільства. За даними Всесвітньої федерації боротьби з ожирінням [1], у 2020 році за показником ІМТ (індекс маси тіла) до категорій з надлишковою вагою або ожирінням віднесли 2.6 мільярда людей, або 38% населення планети. Що особливо небезпечно, серед дітей та підлітків рівень ожиріння зростає швидше, що може мати значні наслідки для здоров'я в подальшому житті. Також Всесвітня федерація боротьби з ожирінням передбачає, що в 2035 вже більше 4 мільярдів людей світу, або 51% населення планети, будуть мати надлишкову вагу або ожиріння. І це також стосується країн з низьким або середнім доходом. Такі значні цифри, а також тенденція до збільшення, слугують відвертим попередженням про небезпеку проблему та, водночас, закликом до посилення роботи над виправленням стрімкого ожиріння населення світу.

В Україні проблема не менш актуальна, якщо порівнювати з іншим світом. Національне дослідження STEPS в Україні, яке спеціалізується на вивченні поширеності факторів ризику неінфекційних захворювань, серед іншого демонструє, що станом на 2019 рік, серед мешканців країни 59% мають надмірну вагу, а у 24.8% людей індекс маси тіла сигналізує про ожиріння [2].

Ожиріння – це стан, при якому надмірне накопичення жиру у тілі негативно впливає на здоров'я, призводячи до скорочення тривалості життя та/або збільшення медичних проблем. Людину вважають ожирілою, якщо її індекс маси тіла (ІМТ), який обчислюється як вага в кілограмах, поділена на квадрат висоти в метрах, перевищує 30 кг/м² [3].

Слід пам'ятати, що надмірна вага є фактором ризику захворювань серцево-судинної системи, діабету, інсульту, раку [4], хронічних захворювань травного тракту, алергії, артриту, та інших. Також слід зазначити вплив надмірної ваги на ментальне здоров'я, підвищуючи ризик стресу, депресії та іншими психологічними проблемами через низьку самооцінку та/або внутрішній конфлікт.

Цікаво, що недостатня кількість сну може бути ризиком ожиріння, у зв'язку зі збільшенням апетиту до калорійної їжі [5]. Зменшення активності в областях кори головного мозку, відповідальних за оцінку їжі, разом з підвищеною чутливістю мигдалини, призводить до того, що людина вибирає продукти, які найбільше сприяють набору зайвої ваги. Але в даному випадку, ожиріння все одно викликається неправильним харчуванням, хоча причини неправильного харчування можуть лежати набагато глибше, а саме серед психологічних, соціальних, екологічних, та економічних чинників.

Харчування як таке є одним з найважливіших чинників, які впливають на здоров'я людини [6]. Взагалі серед основ здорового способу життя часто виділяють такі: раціональне та збалансоване харчування, регулярна фізична активність [7], якісний та достатній сон [8], а також психічну рівновагу [9].

Правильне харчування також впливає на довголіття [10]. Регіон Окінави, Японія, славиться своїми довгожителами, і це один з 5 регіонів на планеті, де люди доживають до 100 років та більше. Секрет мешканців Окінави – спосіб життя та харчування. Окрім того, що вони мають стиль життя, пов'язаний з підтримкою та повагою між мешканцями, вони також мають особливі харчові звички та раціон. Мешканці регіонів з найвищими показниками довголіття, крім контролю за розміром порцій (правило їсти доти, доки не настане відчуття насичення на 80%), приділяють увагу своїй дієті, яка в основному складається з цільного зерна, значної кількості фруктів та овочів, корисних жирів і меншої кількості нежирного білка. Вони також обмежують споживання доданого цукру, рафінованих вуглеводів та обробленої їжі.

В Україні проблема надмірної ваги та ожиріння, за ознаками, походить саме від нездорового харчування та способу життя. Лише 10% осіб можуть бути визначеними як особи з недостатньою фізичною активністю [2]. В той же час, цілих 66.4% осіб споживають недостатньо фруктів та овочів, приблизно 55.6% респондентів вживали алкоголь протягом останніх 30 днів перед опитуванням, а майже 30% респондентів курять щодня. Відсоток осіб з підвищеним рівнем холестерину складає 40.7%. Надлишок цього жиру може спричиняти проблеми з серцем та утворення тромбів, що є значним ризиком для здоров'я [11]. Причиною підвищеного холестерину часто є недостатня фізична активність та незбалансоване харчування.

Правильне харчування також важливе для нормального функціонування мозку. Відповідне харчування забезпечує необхідні поживні речовини для роботи нервової системи, що підтримує когнітивні функції, концентрацію та пам'ять. Мозок, як споживач 20% загальної енергії, є найголоднішим органом нашого тіла [12].

Здорове харчування і харчові звички також є одним з факторів, що впливають на екологічну стійкість. Сучасна система харчування має значний вплив на навколишнє середовище. Велике споживання м'яса і оброблених продуктів може спричиняти викиди парникових газів і втрату біорізноманіття [13]. Перехід до більш сталих та ресурсозберігаючих харчових систем є необхідним для збереження планети.

Також харчування важливе з економічної точки зору. Здорове харчування може допомогти уникнути дорогого лікування та медичних процедур, пов'язаних з хронічними захворюваннями, які часто виникають внаслідок неправильного харчування [14]. Ожиріння коштує світовій економіці близько 2 трлн дол. США, які витрачають на вирішення проблем, пов'язаних із ожирінням, насамперед на лікування захворювань, викликаних або пов'язаних з надмірною вагою. Ці витрати еквівалентні 2,8% світового обсягу виробництва [15].

1.2 Сучасні роботи та поточний стан досліджень в області

Серед робіт, де було досліджено метод когнітивних карт для допомоги в організації здорового стилю життя, виділяється робота [16]. В зазначеній роботі було досліджено, як з точки зору психології покращити впровадження звичок здорового способу життя, усуваючи невідповідності, перешкоди, або психологічні конфлікти, які заважають змінам та досягненню цілей. Нечіткі когнітивні карти були застосовані для дослідження структури індивідуальної системи конструктів, щоб виявити та усунути когнітивні конфлікти.

Також цікавою є робота [17] по моделюванню якості харчування людей похилого віку за допомогою нечітких когнітивних карт. В цій роботі якість харчування визначалась поєднанням семи чинників (які представляли собою різні поживні речовин, воду, а також психологічний стан). Цінним є здобутий досвід, який може допомогти дієтологам чи іншим спеціалістам змоделювати і скомбінувати різні чинники для покращення якості життя і старіння людей похилого віку. Втім, дані напрацювання можуть бути застосовані і до дієти/життя людей будь-якого віку.

Оглядаючи роботи медичного спрямування, когнітивні карти вже довели свою ефективність як гнучкий інструмент моделювання. Робота [18], наприклад, фокусується на підтримці прийняття рішень для немовлят до 6 місяців: одна система була розроблена для оцінки серцево-судинних захворювань, інша – для діагностики недоїдання.

Робота [19] виділяється оглядом застосування нечітких когнітивних карт в області медицини, пояснює популярність даного методу, визначає внесок в медицину наявних систем на базі нечітких когнітивних карт, а також пропонує систему автоматичної діагностики захворювань.

1.3 Задачі роботи

Ціль роботи – побудова системи для психотерапевтичної підтримки рішень в боротьбі з зайвою вагою.

Для досягнення цілі були поставлені наступні задачі:

1. Проаналізувати фактори, що впливають на успішність похудіння.
2. Розробити математичну модель динаміки зміни ваги людини в залежності від впливаючих факторів.
3. Провести комп'ютерні експерименти, що демонструють ефективність розробленої моделі для різноманітних сценаріїв поведінки особи, яка ставить собі ціллю скинути вагу.
4. Розробити структуру комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень на основі нечітких когнітивних карт.

Висновок до розділу 1

У даному розділі було висвітлено актуальність проблеми зайвої ваги та ожиріння в сучасному світі, де ці стани є серйозним викликом для глобального здоров'я. Зазначено зростання цього явища, зокрема серед дітей та підлітків, що є покликанням підкреслити терміновість боротьби з цими проблемами.

Україна не виняток і стикається з високим рівнем надмірної ваги та ожиріння у населення. Важливо врахувати, що ці стани можуть викликати серйозні хронічні захворювання, а також негативно впливати на психічне здоров'я особи.

Здорове харчування виявляє великий вплив на здоров'я людини, включаючи його фізичний та психічний стан. Важливість збалансованого раціону та регулярної фізичної активності підкреслюється. Водночас, зазначено, що харчові звички мають також екологічний, економічний та соціальний вимір, що робить це питання більш комплексним.

Загальна витрата коштів, пов'язаних із зайвою вагою та ожирінням, є значною проблемою для світової економіки. Отже, зменшення впливу цих проблем може призвести до значної економічної вигоди та поліпшення якості життя населення.

У розділі також оцінено сучасні дослідження з використанням методу когнітивних карт для підтримки здорового способу життя та вирішення психологічних конфліктів, пов'язаних із змінами у ставленні до здоров'я. Вказано на потенціал цього методу у виявленні та усуненні конфліктів, а також на його застосування в медичних дослідженнях, особливо в підтримці прийняття рішень у контексті здоров'я дітей та населення похилого віку. Загальний огляд підтверджує актуальність та перспективи використання когнітивних карт у сучасній медицині та психології.

Також сформульовано основну мету роботи - розробка системи для психотерапевтичної підтримки рішень у сфері боротьби з зайвою вагою. Для досягнення поставленої цілі визначено конкретні задачі, серед яких аналіз факторів, що впливають на успішність схуднення, розробка математичної моделі динаміки зміни ваги, проведення комп'ютерних експериментів та створення структури комп'ютерної системи на основі нечітких когнітивних карт.

РОЗДІЛ 2

ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА СПІВВІДНОШЕННЯ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ

2.1 Опис основних властивостей нечітких когнітивних карт

Нечітка когнітивна карта (НКК) - це спрямований граф, де дуги мають ваги у вигляді нечітких термів [20]. Вершини графа, що представлені концептами, відповідають змінним, що використовуються в моделі, і ваги дуг відображають сили впливу змінних-причин на змінні-наслідки. Термін "когнітивний" підкреслює, що вхідні дані для моделювання є суб'єктивною інформацією про сили впливу, які описуються словами "підвищується" або "знижується". Термін "нечіткі" вказує на те, що НКК використовує різні рівні "підвищення" та "зниження", які представлені числами з інтервалів $[0, 1]$ і $[-1, 0]$, і відповідають термам "низький", "середній", "високий" тощо з теорії нечітких множин [21].

Припустимо, що маємо відому множину концепцій $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$, тобто змінних, що використовуються в моделі динамічної системи. Кожен концепт $C_i \in C$ розглядається як лінгвістична змінна, яка визначена на універсальній множині $[\underline{x}_i, \bar{x}_i]$ і оцінюється функцією належності $\mu_T(x_i)$ значення $x_i \in [\underline{x}_i, \bar{x}_i]$ до нечіткого терміну T , де $\underline{x}_i(\bar{x}_i)$ представляють нижню (верхню) межу інтервалу допустимих значень для концепту [22].

Якщо w_{ij} - це дуга, що з'єднує C_i і C_j , то вага дуги w_{ij} буде показником сили впливу C_i на C_j . Припустимо, що змінні x_i і x_j характеризують концепти C_i і C_j , а співвідношення $x_j = \phi(x_i)$ здобуємо в результаті експерименту. В такому випадку вага w_{ij} буде похідною $w_{ij} = dx_j/dx_i$, яка може належати до однієї з трьох типів [22]:

- $w_{ij} > 0$, якщо збільшення (зменшення) x_i веде до збільшення (зменшення) x_j відповідно, що також можна охарактеризувати як позитивний вплив C_i на C_j .
- $w_{ij} < 0$, якщо збільшення (зменшення) x_i веде до зменшення (збільшення) x_j відповідно, що також можна охарактеризувати як негативний вплив C_i на C_j .
- $w_{ij} = 0$, якщо x_j не залежить від x_i відповідно, що також можна охарактеризувати як відсутність впливу C_i на C_j .

Силу впливу (w_{ij}) зазвичай оцінюють експертно за допомогою лінгвістичних термів та шкали. Якщо враховуються думки кількох експертів, то величина w_{ij} оцінюється як зважене середнє оцінок кожного з експертів [22].

2.2 Опис рекурентного співвідношення

Поняття і терміни, які використовуються для опису коливального процесу у нечітких когнітивних картах [22]:

- Матриця сил впливів концептів C_i один на одного, розмірність якої ($n \times n$), де n – кількість концептів. У цій матриці діагональні елементи мають нульові значення, інші елементи відображають сили впливів між концептами і позначаються як w_{ij} :

$$W_0 = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & \dots & w_{1n} \\ w_{21} & 0 & \dots & w_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ w_{n1} & w_{n2} & \dots & 0 \end{bmatrix}. \quad (2.1)$$

- Початковий стан НКК, який описується вектором

$$X^0 = [x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0], \quad (2.2)$$

де кожен елемент вектору x_i^0 відповідає значенню концепту на початковому кроці $k = 0$.

- Стаціонарний (сталий) стан НКК, що описується вектором

$$\mathbf{X}^l = [x_1^l, x_2^l, \dots, x_n^l] \quad (2.3)$$

на якому система досягає стаціонарного режиму після взаємодії між концептами. У цьому режимі різниця між значеннями концепту на сусідніх кроках, $|x_i^l - x_i^{l-1}|$, стає меншою за ε , де ε - мале позитивне число, і ця умова виконується для всіх концептів $i = 1, 2, \dots, n$.

Щоб отримати рекурентне (ітеративне) співвідношення, що моделює динаміку НКК, використовують прирости значень концептів на кроках $k = 0, 1, 2, \dots$. Тоді концепт C_i на кроці $k + 1$ залежить від значень C_j ($i = 1, 2, \dots, n$) на попередньому кроці k [22]. Цю залежність доцільно позначити як

$$x_i^{k+1} = \Psi(x_1^k, \dots, x_j^k, \dots, x_n^k), \quad (2.4)$$

де: x_i^{k+1} – значення концепту i на $(k + 1)$ -му кроці часу;

$x_1^k, \dots, x_j^k, \dots, x_n^k$ – значення інших концептів на k -му кроці часу.

З (2.4) випливає зв'язок між змінами (приростами) значень концептів на сусідніх кроках k і $(k + 1)$ [22]:

$$\Delta x_i^{k+1} = \frac{\partial x_i^{k+1}}{\partial x_1^k} \Delta x_1^k + \dots + \frac{\partial x_i^{k+1}}{\partial x_j^k} \Delta x_j^k + \dots + \frac{\partial x_i^{k+1}}{\partial x_n^k} \Delta x_n^k. \quad (2.5)$$

Ці часткові похідні (2.5) представляють сили впливів концептів один на одного $\frac{\partial x_i^{k+1}}{\partial x_j^k} = w_{ji}$, і ми можемо переписати співвідношення (2.5) так [22]:

$$\Delta x_i^{k+1} = \sum_{j=1}^n \Delta x_j^k w_{ji}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2.6)$$

$$\text{де } \Delta x_i^{k+1} = x_i^{k+1} - x_i^k, \quad \Delta x_i^k = x_i^k - x_i^{k-1}. \quad (2.7)$$

З використанням (2.6) та (2.7) ми отримуємо вираз для зміни значень концептів на кожному кроці [22]:

$$x_i^{k+1} = x_i^k + \sum_{j=1}^n (x_j^k - x_j^{k-1}) w_{ji}. \quad (2.8)$$

Це співвідношення (2.8) можна виразити у матричній формі:

$$\mathbf{X}^{k+1} = \mathbf{X}^k \oplus (\mathbf{X}^k \ominus \mathbf{X}^{k-1})\mathbf{W}_0, \quad (2.9)$$

де " \oplus " та " \ominus " – операції додавання та віднімання векторів по елементах. Ці операції виконуються за такою схемою [22]:

$$[a, b] \oplus [c, d] = [a + c, b + d],$$

$$[a, b] \ominus [c, d] = [a - c, b - d].$$

У виразі (2.9) також передбачається, що якщо $k = 0$, то

$$\mathbf{X}^1 = \mathbf{X}^0 \oplus \mathbf{X}^0\mathbf{W}_0.$$

2.3 Прогнозування вихідного значення системи

Розглянемо систему "входи - вихід", де концепт C_n представляє собою вихідну змінну, а інші концепти C_1, C_2, \dots, C_{n-1} є вхідними змінними, які взаємодіють один з одним. Прогнозування значення вихідної змінної виконується за наступним алгоритмом:

Крок 1. Встановити початковий стан НКК (2) за допомогою вектора:

$$\mathbf{X}^0 = [x_1^0, x_2^0, \dots, x_{n-1}^0, x_n^0 = 0], \quad x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]. \quad (2.10)$$

Крок 2. Використовуючи рекурентне співвідношення (2.9), обчислити вектор (2.3) значень концептів у стаціонарному стані.

Крок 3. Зафіксувати значення x_n^l в отриманому векторі (2.3) і вважати його прогнозом \widehat{x}_n виходу, що відповідає заданому вхідному вектору (2.10).

Ранги вхідних концептів відображають їх важливість у впливі на вихідний концепт. Методика ранжування концептів НКК запропонована в [23]. Індекс важливості вхідного концепту C_j відповідає значенню $x_n^l = \widehat{x}_n$, отриманого для вектору (2.10), де значення концепту C_j встановлено на верхньому рівні, а інші вхідні концепти встановлені на нижніх рівнях. Так само обчислюються індекси спільного впливу двох або більше вхідних концептів

2.4 Налаштування нечіткої когнітивної карти

Процедура налаштування НКК схожа на визначення невідомих параметрів у звичайних рівняннях регресії методом найменших квадратів [24]. У випадку НКК, невідомими параметрами є сили впливу (2.1), які встановлюються експертно та не гарантують точність прогнозів відповідно до спостережень. Суть налаштування полягає в покращенні оцінок експертів щодо сил впливу (2.1) на основі спостережень за вихідними змінними [22].

Припустимо, що внаслідок спостережень було зібрано дані, які представлені в табличному вигляді (табл. 2.1) [22], де x_{ip} представляють значення концепту в спостереженні p , $i = 1, 2, \dots, n$; $p = 1, 2, \dots, N$, де N – кількість спостережень. Припускається, що значення x_{ip} в табл. 2.1 були отримані експериментально або методом експертних оцінок. Параметрами НКК, які піддаються налаштуванню на основі результатів спостережень, є ваги дуг $w_{ij} \in [\underline{w}_{ij}, \overline{w}_{ij}]$, де $\underline{w}_{ij}(\overline{w}_{ij})$ представляють нижню (верхню) межу інтервалу допустимих значень w_{ij} [22].

Таблиця 2.1 – Впорядковані дані спостережень «Входи – Вихід» [22]

#	Входи				Вихід
	C_1	C_2	...	C_{n-1}	C_n
1	x_{11}	x_{21}	...	$x_{n-1,1}$	x_{n1}
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮
p	x_{1p}	x_{2p}	...	$x_{n-1,p}$	x_{np}
⋮	⋮	⋮	...	⋮	⋮
N	x_{1N}	x_{2N}	...	$x_{n-1,N}$	x_{nN}

Позначимо $\widehat{x}_n = F(\mathbf{X}_0, \mathbf{W}_0)$ – модель відображення "вхід - вихід" відповідає алгоритму прогнозу, наведеному у розділі 2.3. З використанням цієї моделі та табл. 2.1 обчислюється відхилення [22]

$$\varepsilon_p = x_{np} - \widehat{x}_{np}, p = 1, 2, \dots, N, \quad (2.11)$$

де x_{np} – значення виходу в спостереженні p , \widehat{x}_{np} – прогноз виходу при вхідних значеннях з p -го спостереження.

Наслідуючи метод найменших квадратів, який широко використовується у регресійному аналізі, задачу налаштування НКК на основі спостережень можна виразити як знаходження матриці сил впливу $\mathbf{W}_0 = [w_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n]$, з урахуванням обмежень $w_{ij} \in [\underline{w}_{ij}, \bar{w}_{ij}]$ та мінімізації суми квадратів відхилень (2.11) [22]. Іншими словами:

$$S(\mathbf{W}_0) = \sum_{p=1}^N (x_{np} - F(\mathbf{X}_p, \mathbf{W}_0))^2 \xrightarrow{\mathbf{W}_0} \min, \quad (2.12)$$

де $\mathbf{X}_p = [x_{1p}, x_{2p}, \dots, x_{n-1p}, x_{np} = 0], p = 1, 2, \dots, N$.

Метод визначення інтервалів допустимих значень ваг, генетичний алгоритм для вирішення завдання (2.12) детально описані в [24, 25].

Здійснимо вибір інтервалів $[\underline{w}_{ij}, \bar{w}_{ij}]$ на наступних припущеннях [24]:

- тип впливу $w_{ij} > 0$, $w_{ij} < 0$, або $w_{ij} = 0$ визначається експертно і не змінюється при коригуванні НКК;
- сила впливу w_{ij} оцінюється експертом з точністю одного лінгвістичного терміну, до прикладу, $\pm 0,2$;
- сила позитивного впливу $w_{ij} > 0$ і негативного впливу $w_{ij} < 0$ змінюється в межах інтервалів $[0.05, 0.95]$ та $[-0.95, -0.05]$ відповідно.

Враховуючи ці припущення, інтервали ваг для дуг нечіткої когнітивної карти вибираються за такою схемою:

$$0.3 \in [0.1, 0.5], -0.3 \in [-0.5, -0.1],$$

$$0.1 \in [0.05, 0.3], -0.1 \in [-0.3, -0.05],$$

$$0.8 \in [0.6, 0.95], -0.8 \in [-0.95, -0.6].$$

Для вирішення нелінійної оптимізаційної задачі (2.12) запропоновано використовувати генетичний алгоритм на основі наступних концепцій та операцій [26]: хромосома – закодована версія рішення; популяція – початковий набір рішень; функція придатності – критерій вибору варіантів; кросовер – операція генерації потомства хромосом з батьківських хромосом; мутація – випадкова зміна елементів хромосоми [24].

Якщо $P(t)$ – це батьківські хромосоми, а $C(t)$ – потомство хромосом на t -й ітерації, то загальна структура генетичного алгоритму має вигляд (рис. 2.1):

```

1- begin
2   t:=0; встановити початкове значення P(t);
3   оцінити P(t) за допомогою функції придатності;
4-  while (доки не виконані умови завершення) do
5     провести кросовер P(t), щоб отримати C(t);
6     мутувати C(t);
7     оцінити C(t) за допомогою функції придатності;
8     вибрати P(t+1) з P(t) і C(t); t:=t+1;
9   end
10 end.
```

Рисунок 2.1 – Псевдокод генетичного алгоритму

Хромосома визначається як ряд ненульових елементів матриці $W_0 = [w_{ij}]$, $w_{ij} = R[\underline{w}_{ij}, \bar{w}_{ij}]$, де $R[\underline{x}, \bar{x}]$ – операція знаходження випадкового числа, рівномірно розподіленого в інтервалі $[\underline{x}, \bar{x}]$ [24]. Наприклад, для експериментальної НКК (рис. 2.2), генератор початкової популяції хромосом представляє ряд $[w_{12}, w_{13}, w_{14}, w_{12}, w_{12}, w_{12}, w_{12}]$, де $w_{12} = R[0.05, 0.3]$, $w_{13} = R[-0.4, -0.05]$, $w_{14} = R[-0.6, -0.2]$, $w_{24} = R[0.05, 0.4]$, $w_{32} = R[0.1, 0.5]$, $w_{34} = R[0.5, 0.9]$, $w_{42} = R[0.4, 0.8]$ [24].

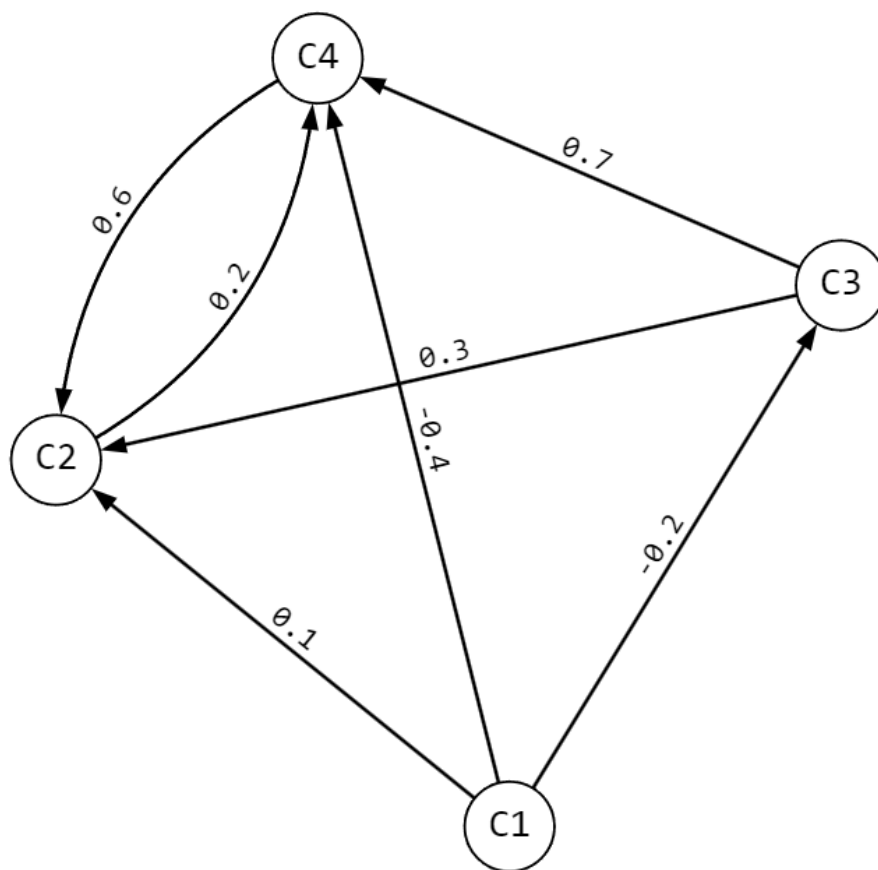


Рисунок 2.2 – Експериментальна НКК

Звідси маємо наступні приклади хромосом:

$$[0.196, 0.211, 0.252, 0.143, 0.227, 0.548, 0.776], \quad (2.13)$$

$$[0.171, 0.262, 0.331, 0.309, 0.308, 0.639, 0.450]. \quad (2.14)$$

Кросовер пари батьківських хромосом породжує потомство. Операція кросовера виконується випадковим обміном генами (елементами) батьківських хромосом [24]. Для цього кожному гену хромосоми потомства призначається випадкове число $\xi_1 = R[1, 0]$. Якщо $\xi_1 \leq 0.5$, то цей ген береться від першого батька; інакше ген береться від другого батька. Нехай батьківські хромосоми задані рядами (2.13) і (2.14), а випадкові числа ξ_1 відповідають ряду $[0.19, 0.62, 0.21, 0.71, 0.94, 0.17, 0.33]$. Тоді в результаті кросовера (2.13) і (2.14) отримуємо таку хромосому потомства [24]:

$$[0.196, 0.262, 0.252, 0.309, 0.308, 0.548, 0.776]. \quad (2.15)$$

Кожен ген в (2.15) може піддаватися мутації. Для цього кожному гену призначається випадкове число $\xi_2 = R[1, 0]$, і коефіцієнт мутації q (в даному випадку $q = 0.1$) [24]. Якщо $\xi_2 \leq q$, то цей ген замінюється випадковим числом з діапазону можливих значень [24].

Нехай ряд випадкових чисел ξ_2 має вигляд [0.63, 0.11, 0.49, 0.08, 0.18, 0.74, 0.37]. Таким чином, в хромосомі (2.15) мутації підлягає лише четвертий ген, і після цього потомствена хромосома набуває вигляду [0.196, 0.262, 0.252, 0.151, 0.308, 0.548, 0.776], де $0.151 = R[0.05, 0.4]$ [24].

Функція придатності - це критерій (2.12) із знаком мінус, тобто чим краще хромосома відповідає критерію оптимізації, тим більше значення функції придатності [24].

Вибір батьківських хромосом для кросоверу не випадковий. Найкращі рішення отримують пріоритет. Чим більше значення функції придатності, тим ймовірніше, що дана хромосома породить потомство [26]. Під час виконання генетичного алгоритму розмір популяції залишається постійним. Тому після кросоверів і мутацій з отриманої популяції необхідно вилучити хромосоми з найгіршим значенням функції придатності [24].

Висновок до розділу 2

У розділі представлено опис нечітких когнітивних карт (НКК) та їх властивостей. НКК є спрямованими графами з нечіткими вагами на дугах, де вершини представлені концепціями або змінними. Основні терміни, такі як лінгвістичні змінні, терми, та матриця сил впливів, ретельно пояснені.

Описано рекурентне співвідношення, що моделює динаміку НКК, та визначено математичні вирази для зміни значень концепцій на кожному кроці. Представлено прогнозування вихідного значення системи на основі вхідних концепцій за допомогою алгоритму, що використовує рекурентне співвідношення та ранжування важливості концепцій.

Процес налаштування НКК аналогічний визначенню параметрів у регресійних рівняннях методом найменших квадратів. Використовуючи дані спостережень, ваги впливу піддаються налаштуванню для поліпшення прогнозів. Генетичний алгоритм забезпечує оптимізацію параметрів, мінімізуючи відхилення між реальними та прогнозованими значеннями. Важливим етапом є визначення інтервалів допустимих значень для ваг та їх налаштування на основі експертних оцінок.

Загальною метою є побудова системи для психотерапевтичної підтримки рішень в боротьбі з зайвою вагою, використовуючи нечіткі когнітивні карти. Такий підхід відкриває перспективи для розвитку ефективних методів управління здоров'ям та стилем життя.

РОЗДІЛ 3

НЕЧІТКА КОГНІТИВНА КАРТА ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

3.1 Вибір концептів для НКК, присвяченій боротьбі з зайвою вагою

Концепти для НКК боротьби з зайвою вагою були обрані з урахуванням найбільш типових проблем, через які люди стикаються з явищем зайвої ваги [27], а також для демонстрації цікавих зв'язків між психологічно-особистісними явищами та об'єктивними явищами, що впливають на розвиток зайвої ваги і найбільше асоціюються з набором ваги/скиданням ваги [28]. Докладний аналіз зв'язків між факторами, що впливають на здоров'я та набір ваги, в цій роботі не проводився, але робота відображає думку автора про те, що може впливати на набір ваги у окремо взятого індивіда з фізичної та психологічної точок зору [29]. Концепти надані в табл. 3.1 з інтервалами можливих значень змінних.

3.2 Оцінювання концептів

Оцінка значень концептів здійснюється за шкалою зі значеннями від -1 до 1. Такий вибір був обумовлений простотою роботи зі шкалами та значеннями низької розмірності [30]. Співставлення між лінгвістичними оцінками та числовими значеннями, за якими проводилась оцінка значень концептів в даній НКК, демонструється на табл. 3.2.

3.3 Взаємні впливи концептів та візуальне відображення

Оцінка сил впливів концептів один на одного здійснювались в діапазоні від -1 до 1. Такий діапазон обумовлений досвідом класичних робіт з НКК [31]. Список лінгвістичних оцінок та їх числових відповідників представлений у таблиці 3.3.

Візуальна форма графу [32] нечіткої когнітивної карти боротьби з зайвою вагою представлена на рис. 3.1. Ваги дуг графа обрано з використанням таблиці 3.3.

Концепт	Зміст	Інтервал для оцінки
C1	Правильна вага	[-1; 1]
C2	Лінь	[-1; 1]
C3	Спорт	[-1; 1]
C4	Насолода їжею	[-1; 1]
C5	Невпевненість	[-1; 1]
C6	Контроль споживання	[-1; 1]
C7	Збалансоване харчування	[-1; 1]
C8	Здоров'я	[-1; 1]
C9	Пасивність	[-1; 1]
C10	Сила волі	[-1; 1]
C11	Нестабільність	[-1; 1]

Таблиця 3.1 – Концепти НКК та інтервали оцінки

Таблиця 3.2 – Лінгвістичні оцінки рівнів концептів та відповідні значення

Лінгвістична оцінка	Число
Абсолютно високий	1
Дуже високий	0.75
Високий	0.50
Підвищений	0.25
Невизначений/Нейтральний	0
Знижений	-0.25
Низький	-0.50
Дуже низький	-0.75
Абсолютно низький	-1

Таблиця 3.3 – Оцінка сил впливів

Лінгвістична оцінка	Число
Позитивна максимальна	1
Позитивна висока	0.75
Позитивна середня	0.50
Позитивна нижче середнього	0.25
Відсутня	0
Негативне нижче середнього	-0.25
Негативна середня	-0.50
Негативна висока	-0.75
Негативна максимальна	-1

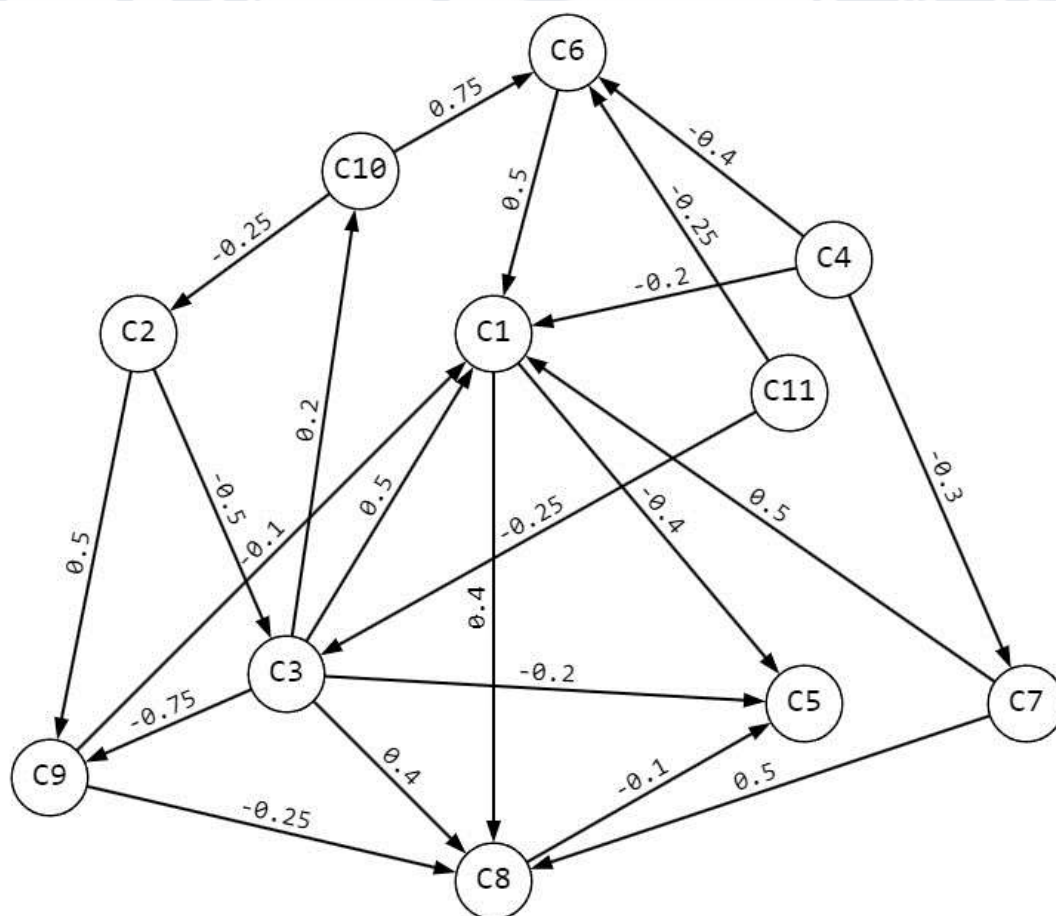


Рисунок 3.1 – граф боротьби з зайвою вагою

Матриця (2.1) сил впливів при цьому має вигляд:

$$W_0 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -0.4 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & -0.2 & 0 & 0 & 0.4 & -0.75 & 0.2 & 0 \\ -0.2 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.4 & -0.3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.25 & 0 & 0 & 0 & 0.75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (3.1)$$

3.4 Використання рекурентного співвідношення

Розглянемо застосування рекурентного співвідношення (2.9) та матриці (3.1) для моделювання та покрокової зміни значень концептів із табл. 3.1 для певного початкового вектора (2.2) [33, 34].

Для того, щоб застосувати рекурентне співвідношення для нашої НКК, візьмемо початковий вектор, який також називається початковим станом [35]:

$$X_0 = [0, 0.5, -0.25, 0.5, -0.25, -0.25, 0.5, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5].$$

Після цього отримаємо результат, визначений вектором

$$X_0 = [-0.51, 0.47, -0.61, 0.5, 0.09, -0.48, 0.35, -0.13, 0.4407, 0.1282, 0.5].$$

Значення $\hat{x}_1 = -0.51$ – суттєве зниження значення концепту «правильна вага», яке інтерпретується як «низький» рівень правильної ваги за табл. 3.2, що логічно перетворюється на суттєвий рівень неправильної ваги.

Візуально покрокові зміни значень концептів можна спостерігати на рис. 3.2.

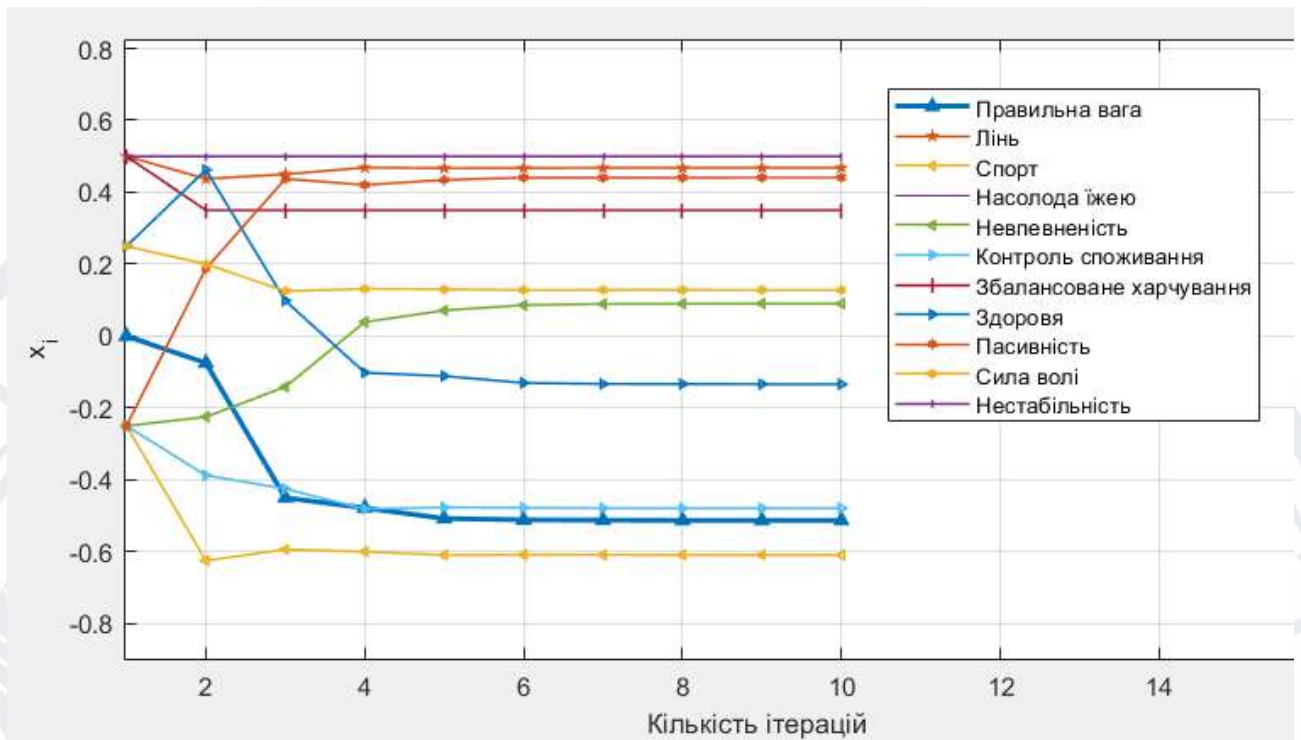


Рисунок 3.2 – Приклад покрокової зміни значень концептів для початкового вектору $X_0 = [0, 0.5, -0.25, 0.5, -0.25, -0.25, 0.5, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5]$

РОЗДІЛ 4

СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БОРОТЬБИ З ЗАЙВОЮ ВАГОЮ

4.1 Приклади використання моделі

Мета створення нечіткої когнітивної карти в даній роботі:

1. допомогти людям з зайвою вагою (або будь-кому, хто хоче її зменшити) визначити, які супутні фактори можуть впливати на їх боротьбу з зайвою вагою;
2. допомогти прийняти рішення про комплексні зміни в стилі життя, що сприятимуть досягненню цілей;
3. визначити психологічні фактори, які допомагають/заважають у боротьбі з зайвою вагою [36].

Таким чином, є підстави вважати, що типова особа, що має бажання скористатись системою на базі НКК, також має зайву вагу. Змоделюємо типовий вектор, який міг би бути наслідком оцінки людиною самої себе за допомогою натуральної мови. Після переведу оцінок в чисельну площину, отримуємо початковий вектор для системи:

$$X_0 = [-0.75, 0.25, -0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.25, 0, 0.25, -0.25, -0.25]$$

Застосуємо рекурентне співвідношення для моделювання системи з такими показниками. Це по суті означає, що ми намагаємося передбачити, як будуть змінюватись явища, обрані концептами, при сталому стилі життя. Стационарний вектор буде мати вигляд:

$$X_0 = [-1.94 \quad 0.36 \quad -0.87 \quad 0.5 \quad 1.61 \quad -0.7 \quad -0.4 \quad -1.6 \quad 1.08 \quad -0.42 \quad -0.25]$$

Слід зауважити, що хоч деякі значення концептів вийшли за верхні або нижні межі, якісна картина, яку представляють такі зміни, не змінюється. Процедура нормування не застосовується.

Найбільші зміни можемо відзначити в значеннях концептів «Правильна вага», «Здоров'я», «Невпевненість», «Пасивність». Такі зміни обумовлені оцінками, які надає собі сам користувач, і які стосуються певних аспектів життя або ментальних параметрів. У порівнянні з початковим станом значення концептів «Правильна вага» та «Здоров'я» знижуються до показників -1.94 та -1.6 відповідно. «Невпевненість» та «Пасивність» досягають 1.61 та 1.08 відповідно. Варто зазначити, що жодна з різких змін, отриманих при моделюванні, не є позитивними по суті для життя та здоров'я теоретичної особи. Зміни, яких зазнали значення концептів під час моделювання, можна спостерігати на рис. 4.1.

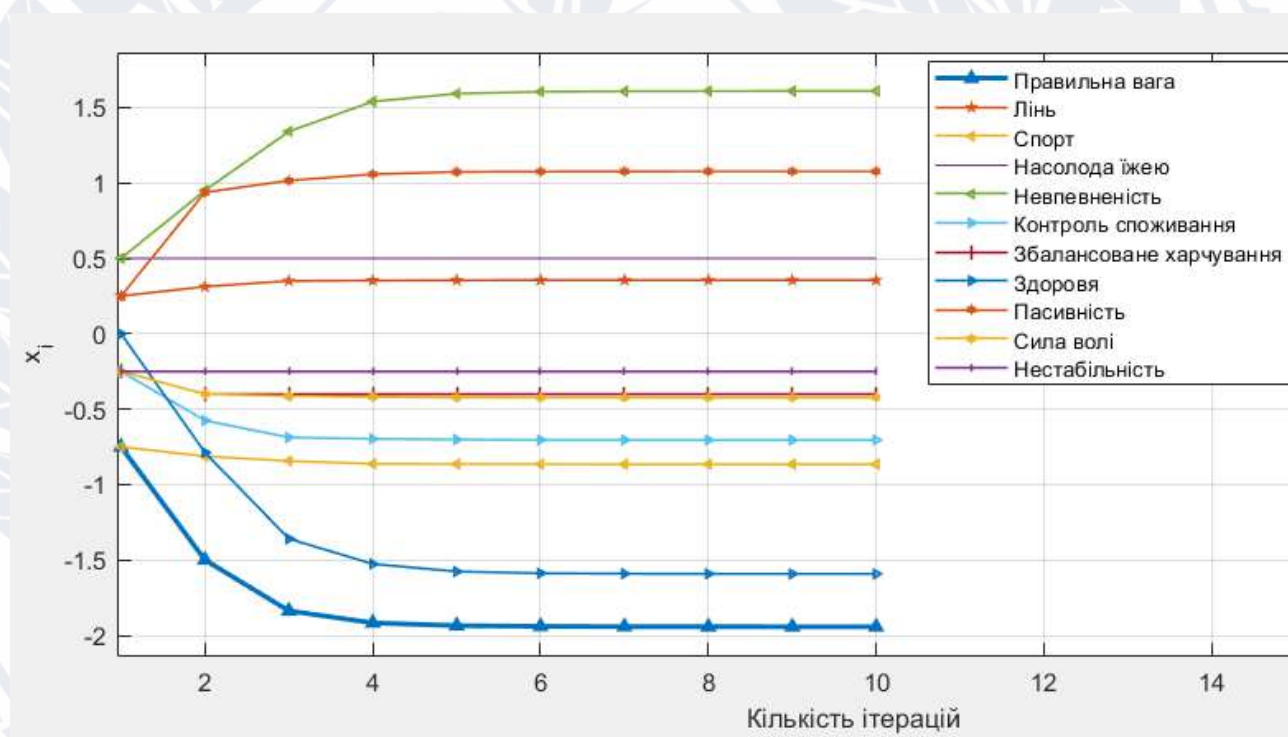


Рисунок 4.1 – моделювання вектору $X_0 = [-0.75, 0.25, -0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.25, 0, 0.25, -0.25, -0.25]$

При моделюванні за допомогою НКК, корисно отримати не тільки числові показники, а й побачити, як змінюється прогноз щодо значень концептів по відношенню до бажаних значень.

В системах підтримки прийняття рішень, які спеціалізуються на допомозі (або порадах консультативного характеру), важливо зберігати індивідуальний

підхід до кожного користувача. Люди зазвичай мають не тільки особисті показники та судження, але і персоналізовані бажання. Тобто система буде краще пристосованою до реальних індивідуальних потреб та цілей, якщо вона буде також враховувати, чого індивідуум хоче досягти, та конкретні параметри таких цілей. З метою покращення системи введемо поняття «ідеальний вектор» – вектор, що буде слугувати цільовим для нашої системи, і який буде використовуватись для точнішого відображення відповідності поточного стану і бажаного стану.

Змоделюємо для уявного користувача «ідеальний» вектор:

$$X_0 = [0.75, -0.5, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.75, -0.75, 0.25, 0]$$

Тоді, маючи бажані дані, яких хоче досягти користувач системи, покажемо графік моделювання вектору $X_0 = [-0.75, 0.25, -0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.25, 0, 0.25, -0.25, -0.25]$ для вищезгаданого бажаного вектору (рис. 4.2).

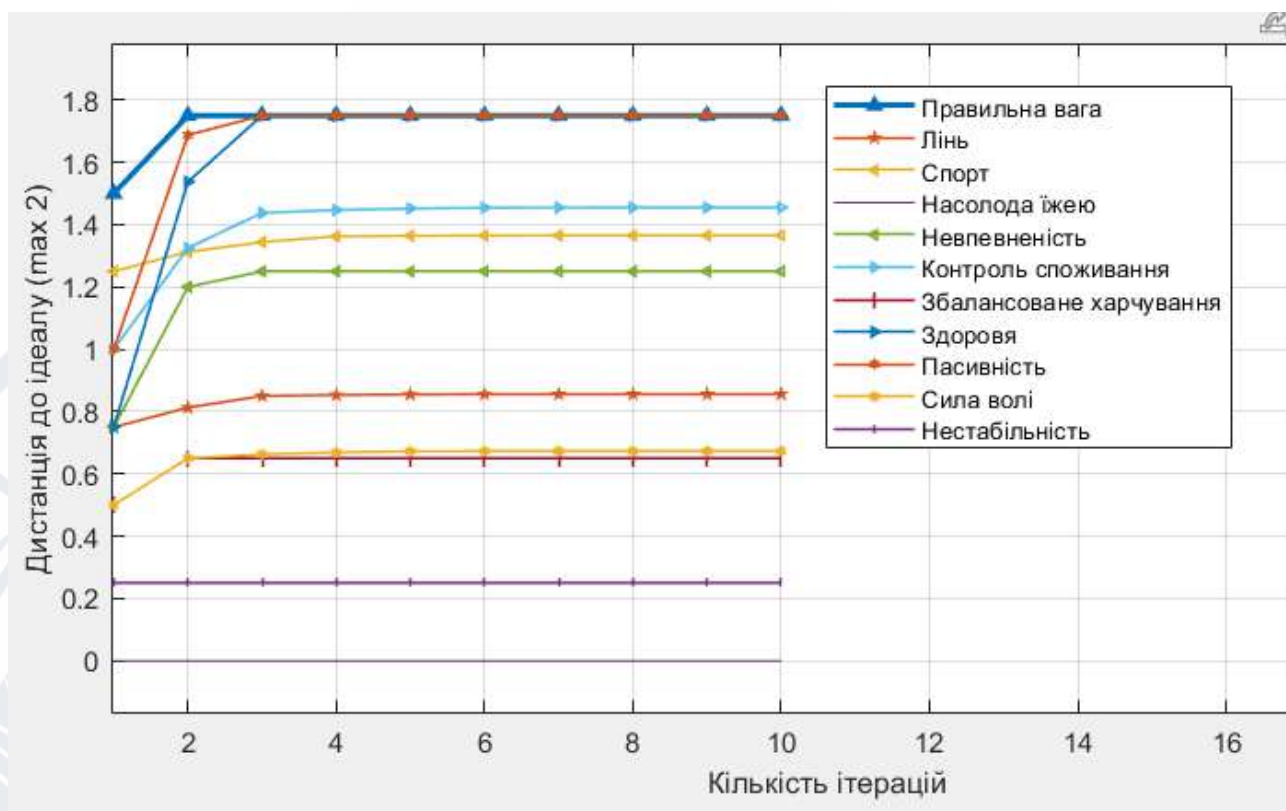


Рисунок 4.2 – моделювання вектору $X_0 = [-0.75, 0.25, -0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.25, 0, 0.25, -0.25, -0.25]$ та дистанція цього моделювання до вектору $X_0 = [0.75, -0.5, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.75, -0.75, 0.25, 0]$

Дистанція обраховується наступним чином:

$$X_{0 \text{ дист}} = |X_{0 \text{ ідеал}} \ominus X_{0 \text{ поч}}|. \quad (4.1)$$

Щоб значення моделювання $x_i < -1$ та $x_i > 1$ не заважали бачити якісну картину та наближення до ідеалу, такі значення при обрахунку дистанції прирівнюються до -1 та 1 відповідно. Таким чином, значення елементу вектору дистанції ніколи не буде більше 2.

Отже, рис. 4.2 демонструє графік, де найнижчі значення є бажаними, а найвищі – небажаними. Очевидно, присутні проблеми та поточний спосіб життя уявної людини призводять лише до погіршення в майбутньому (згідно з нашою моделлю). Тепер доречно буде перевірити, як зміняться результати моделювання при внесенні змін до початкового вектору. Такими діями ми ставимо умовне запитання системі: «А що, буде якщо ...?».

Найбільш очевидними порадами в даному випадку були б порада зайнятись спортом та слідкувати за харчуванням. Це концепти C_3 та C_7 відповідно. Уявне запитання системі буде таким: «А що буде, якщо зайнятись спортом та збалансовано харчуватись?». Подивимось, яку відповідь дасть система, переглянувши графік дистанції до ідеалу (рис. 4.3).

В такому випадку початковий вектор становитиме

$$X_0 = [-0.75, 0.25, 0.75, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0, 0.25, -0.25, -0.25].$$

Цільовий вектор не змінився.

Стаціонарний вектор дистанцій матиме вигляд

$$X_{0 \text{ дист}} = [1.1889 \ 0.7788 \ 0.1731 \ 0 \ 0.7487 \ 1.2240 \ 0.3500 \ 0.3275 \ 0.6346 \ 0.3654 \ 0.2500].$$

Проаналізувавши рис. 4.3, приходимо до висновків, що хоча спорт і баланс харчування в дечому покращують ситуацію, але показники загалом залишаються не такими близькими до цілі, як цього може хотіти людина, що змінила своє життя заради досягнення кращої ваги. Такі результати можуть призвести в подальшому житті до відмови від раніше прийнятих змін та поверненню до початкових кондицій. Навіть якщо цього не відбудеться, особа в даній симуляції моделі НКК не наближається до правильної ваги.

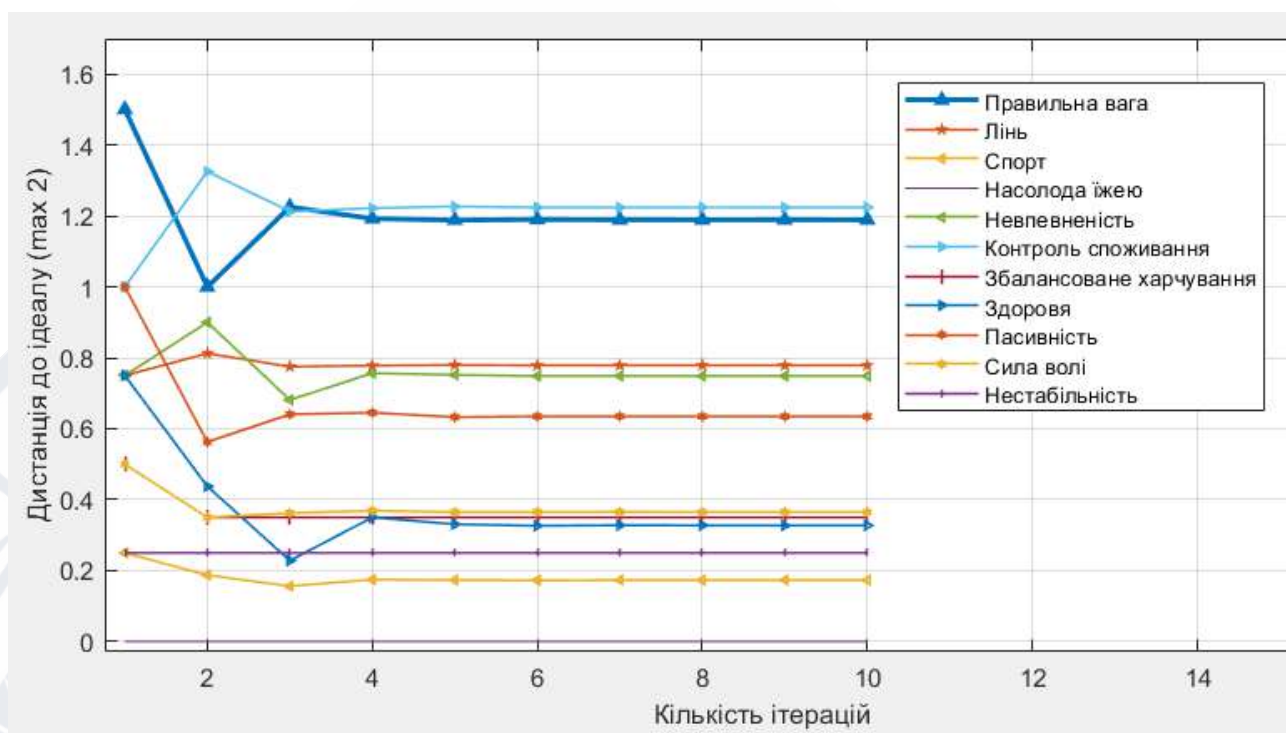


Рисунок 4.3 – моделювання вектору $X_0 = [-0.75, 0.25, 0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.75, 0, 0.25, -0.25, -0.25]$ та дистанція цього моделювання до вектору $X_0 = [0.75, -0.5, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.75, -0.75, 0.25, 0]$

В чому може бути причина таких незадовільних результатів? Когнітивність в нечітких когнітивних картах може означати саме когнітивність, суб'єктивність сприйняття. Ми всі сприймаємо світ по-різному, отже і зв'язки між різними поняття у нас різні. Те, що для однієї людини може бути очевидним, іншій не здається таким. Те саме застосовується для НКК в цій роботі. Встановлені чітко значення сил впливів концептів один на одного, можливо, не відповідають реальності багатьох людей. І не мають відповідати!

Отже, в рамках індивідуального підходу в моделі, що розглядається, варто не лише враховувати цільовий (бажаний) стан системи, а і можливість налаштувати ваги дуг таким чином, щоб відображати зв'язки (шляхи) між відповідними поняттями в сприйнятті кожної окремої людини.

Наприклад, концепт «Насолода їжею» в моделі має негативний вплив на концепти «Правильна вага», «Контроль споживання», «Збалансоване харчування». Але такі зв'язки не обов'язково відповідають думці більшості.

Спробуємо змінити зв'язок насолоди їжею з іншими концептами. Пов'яжемо насолоду їжею з більш осмисленим, відповідальним споживанням, і запусимо модель ще раз. Зауважимо, що такі зміни можуть також бути результатом змін в психології людини в рамках ширшої головної цілі боротьби з зайвою вагою.

Початковий вектор залишимо з попередньому разу. Не забуваємо, що ми підвищили значення концептів «Спорт» та «Збалансоване харчування».

Матриця сил впливів тепер буде складати

$$W_0 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & -0.4 & 0 & 0 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & -0.2 & 0 & 0 & 0.4 & -0.75 & 0.2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.75 & 0.75 & 0.75 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -0.25 & 0 & 0 & 0 & 0.75 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 & -0.25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}. \quad (4.2)$$

Вплив «Насолода їжею» на «Контроль споживання», «Збалансоване харчування» та «Здоров'я» тепер позитивний високий.

Вирахуємо дистанцію до ідеалу за допомогою моделі (рис. 4.4).

Стационарний вектор дистанцій складає

$$X_{0 \text{ дист}} = [0.5389 \ 0.7788 \ 0.1731 \ 0 \ 0.3990 \ 0.6490 \ 0.7500 \ 0.2500 \ 0.6346 \ 0.3654 \ 0.2500]$$

Аналізуючи результати моделювання, можемо дійти висновку, що відстань до ідеальної правильної ваги складає 0.5389 і це набагато менше, ніж в попередніх симуляціях. Зміна ваг дуг в таких системах показала, що може бути ефективною при моделюванні нечітких ситуацій. Автор вважає, що комбінований підхід до змін в стилі життя, прищепленні нових звичок, та

боротьба з особистими проблемами, можуть здійснюватися за допомогою систем

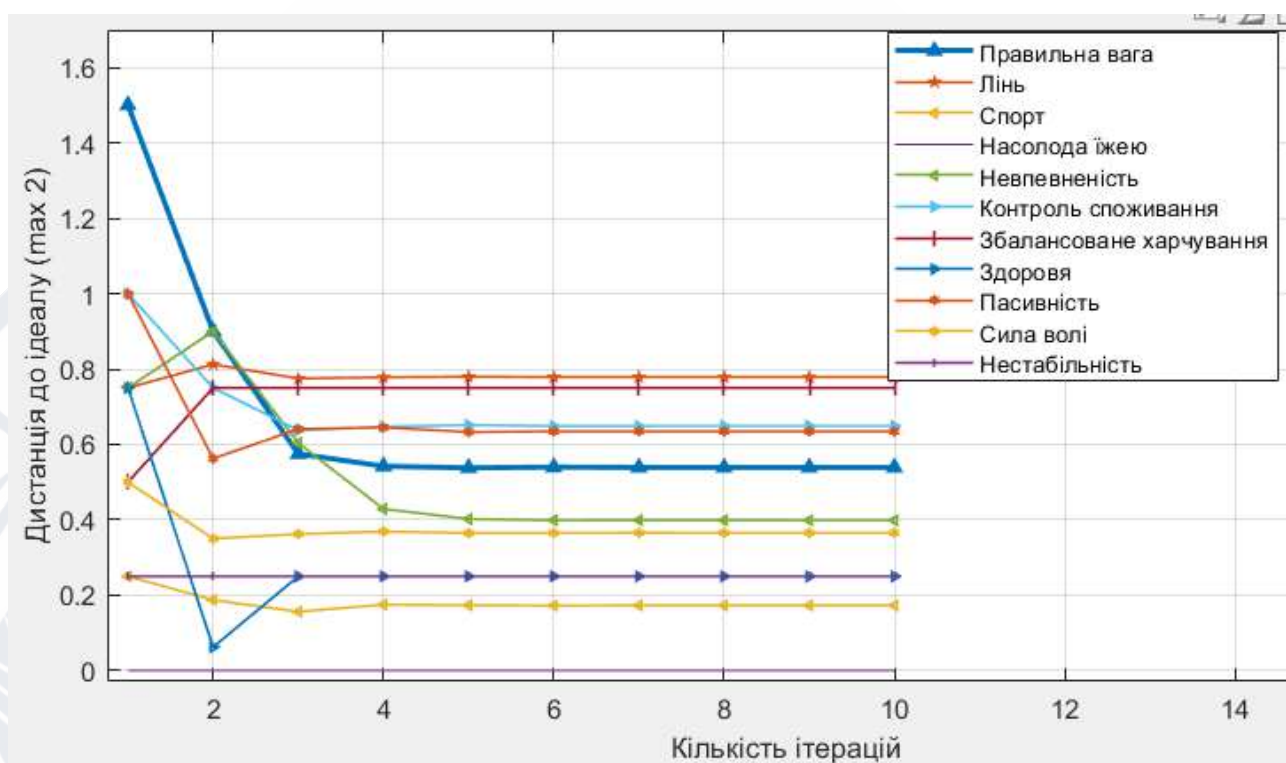


Рисунок 4.4 – моделювання вектору $X_0 = [-0.75, 0.25, 0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.75, 0, 0.25, -0.25, -0.25]$ та дистанція цього моделювання до вектору $X_0 = [0.75, -0.5, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.75, -0.75, 0.25, 0]$ при змінах у матриці впливів

з НКК, а область боротьби з зайвою вагою може бути підсилена моделями з НКК, які формують ефективний інструмент для оцінок як фізичних, так і психологічних впливів на життя та здоров'я.

Маємо також інший приклад людини з вагою, яка коливається між нормальної та підвищеною. Вставимо показники в модель і обрахуємо дистанцію до ідеалу. Початковий вектор:

$$X_0 = [0, 0.5, -0.25, 0.5, -0.25, -0.25, 0.5, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5]$$

Вектор ідеального стану:

$$X_0 = [1, -0.5, 0.5, 0.5, -0.75, 0.75, 0.75, 0.75, -0.5, 0.75, -0.25]$$

Результати обрахунків на рис. 4.5:

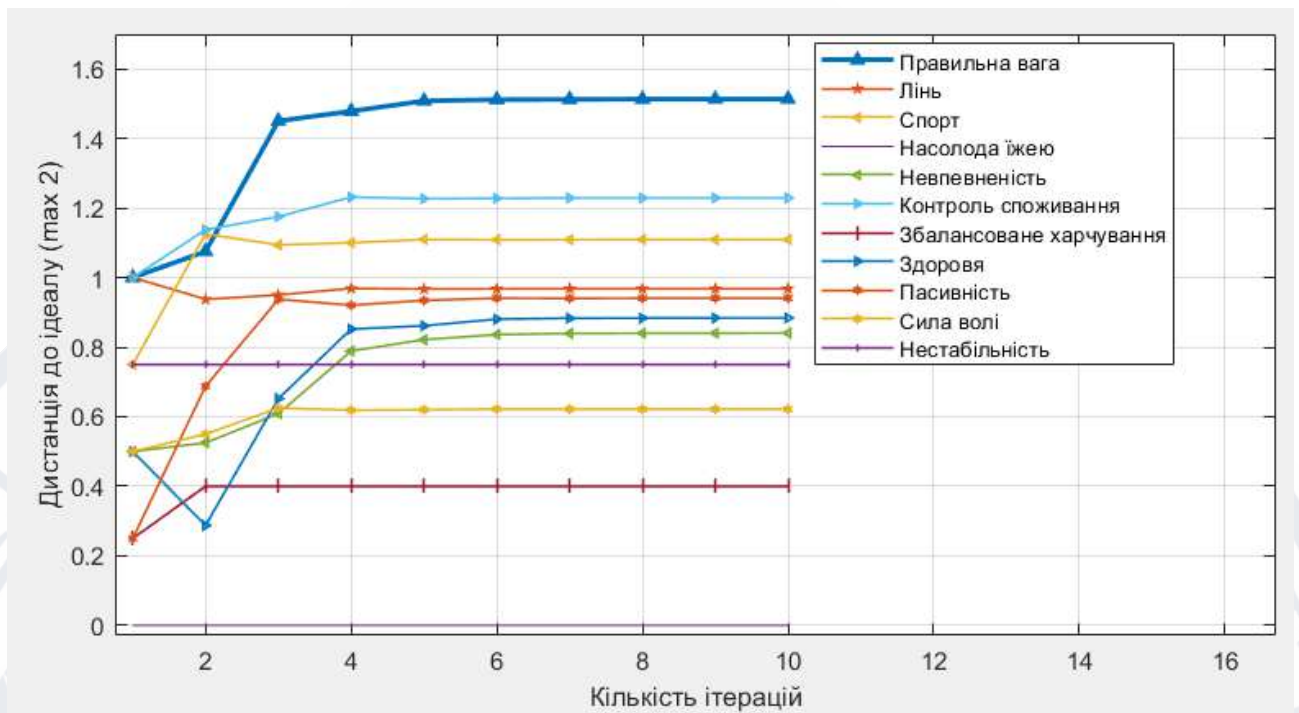


Рисунок 4.5 – моделювання вектору $X_0 = [0, 0.5, -0.25, 0.5, -0.25, -0.25, 0.5, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5]$ та дистанція цього моделювання до вектору $X_0 = [1, -0.5, 0.5, 0.5, -0.75, 0.75, 0.75, 0.75, -0.5, 0.75, -0.25]$

Стаціонарний вектор після 10 кроків наступний:

$$X_0 = [1.5130 \ 0.9679 \ 1.1090 \ 0 \ 0.8404 \ 1.2288 \ 0.4000 \ 0.8839 \ 0.9407 \ 0.6218 \ 0.7500]$$

На рисунку чітко бачимо, що показник правильної ваги віддаляється від ідеалу. На практиці це означає ризик втратити форму при збереженні поточного стилю життя. Подивимось, що буде, якщо привести «Спорт» і «Контроль споживання» до ладу.

Початковий вектор стане

$$X_0 = [0, 0.5, 0.75, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5]$$

Результат обчислень у вигляді стаціонарного вектору:

$$X_0 = [0.4687 \ 0.9167 \ 0.0833 \ 0 \ 0.1274 \ 0.0750 \ 0.6500 \ 0.0177 \ 0.1458 \ 0.4167 \ 0.7500]$$

В даному випадку зміни у вищезазначених концептах призводять до значного позитивного результату (рис. 4.6). Отже, система відповідає на питання «Що буде, якщо займатись спортом та мати контроль над кількістю спожитого»? так: «Вдасться досягнути ваги, що значно ближче до ідеалу».

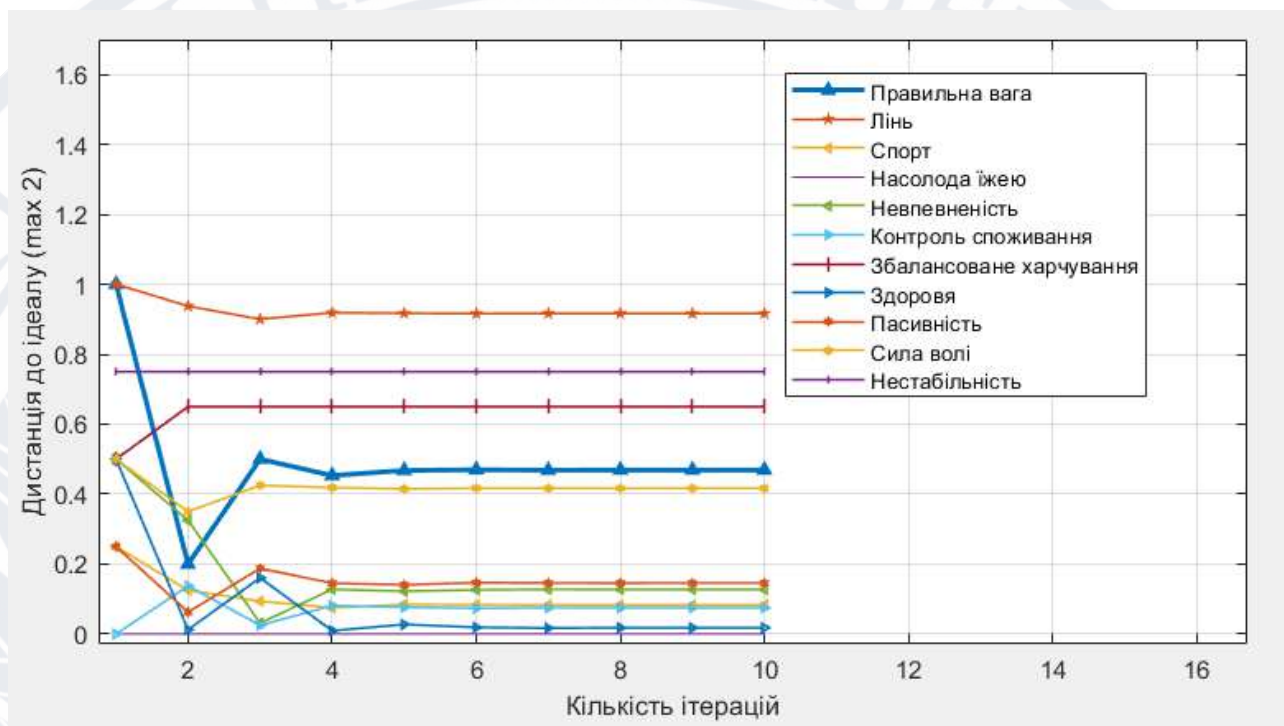


Рисунок 4.6 – моделювання вектору $X_0 = [0, 0.5, 0.75, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5]$ та дистанція цього моделювання до вектору $X_0 = [1, -0.5, 0.5, 0.5, -0.75, 0.75, 0.75, 0.75, -0.5, 0.75, -0.25]$

Якщо на цьому не зупинятись і піти далі, зробивши харчування збалансованим та додатково знизивши пасивність, вдасться досягнути ще кращих результатів. При початковому векторі

$$X_0 = [0, 0.5, 0.75, 0.5, -0.25, 0.75, 0.75, 0.25, -0.75, 0.25, 0.5]$$

Отримаємо стаціонарний вектор виду

$$X_0 = [0.1687 \ 0.9167 \ 0.0833 \ 0 \ 0.0421 \ 0.0750 \ 0.1500 \ 0.2500 \ 0.3542 \ 0.4167 \ 0.7500]$$

Покрокова зміна значень у відношенні до дистанції на рис. 4.7:

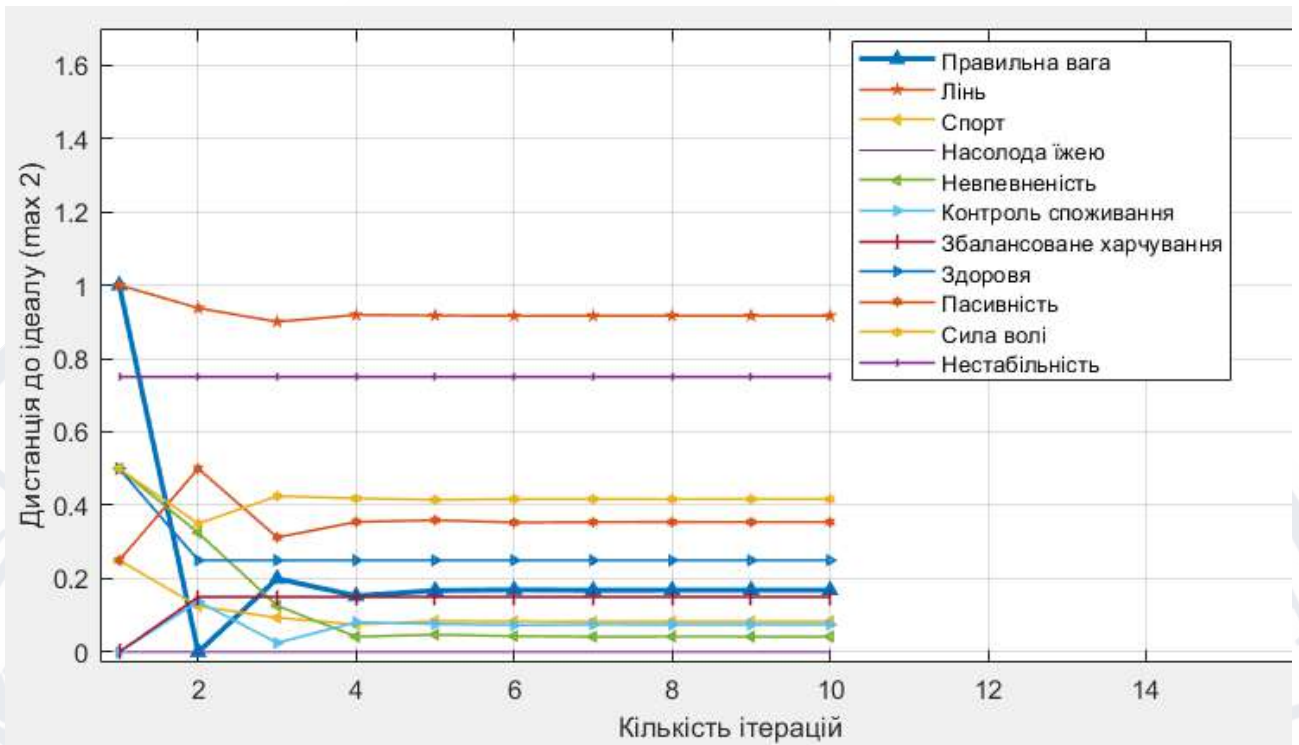


Рисунок 4.7 – моделювання вектору $X_0 = [0, 0.5, 0.75, 0.5, -0.25, 0.75, 0.75, 0.25, -0.75, 0.25, 0.5]$ та дистанція цього моделювання до вектору $X_0 = [1, -0.5, 0.5, 0.5, -0.75, 0.75, 0.75, 0.75, -0.5, 0.75, -0.25]$

Результат в 0.1687 можна визнати чудовим, а заходи, спрямовані на його досягнення, ефективними.

4.2 Ранжування факторів, які впливають на правильну вагу

В розділі 2.3 розглядається алгоритм обчислення рангів концептів (2.10). Щоб оцінити вплив концептів C_2, C_3, \dots, C_{11} на концепт C_1 , порівняємо їх індекси важливості у впливі на C_1 до значень, що відповідають \hat{x}_1 при таких початкових векторах

Вплив концепту C_2 : $X_0 = [0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$,

Вплив концепту C_3 : $X_0 = [0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$,

...

Вплив концепту C_{11} : $X_0 = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]$.

Рис. 4.8, рис. 4.9, рис. 4.10 демонструють динамічну зміну значень концепту C_1 для кожного вектору окремо.

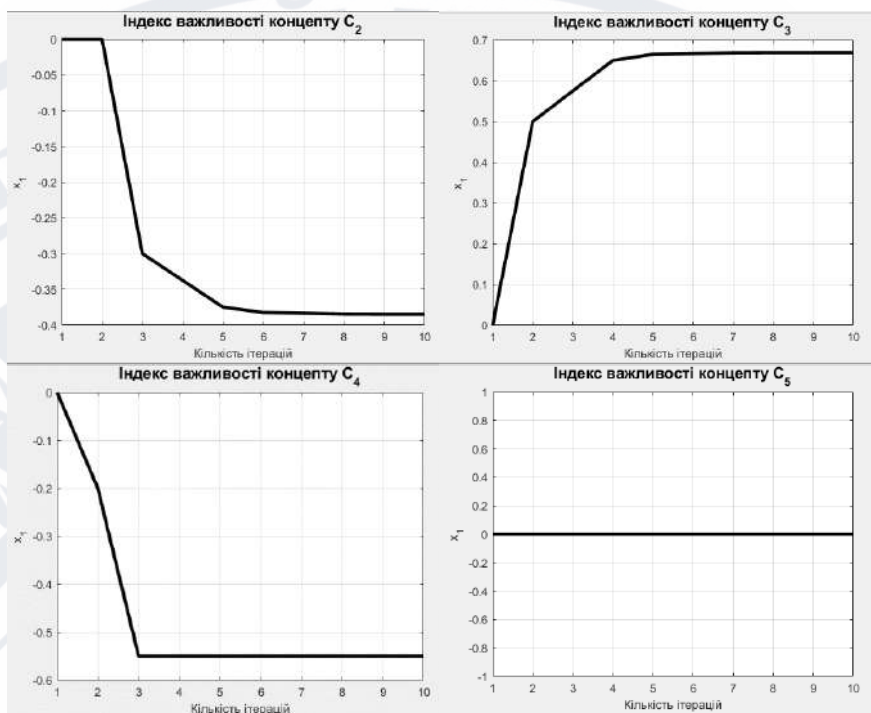


Рисунок 4.8 – Покрокова зміна величини концепту C_1 при обрахунку індексів важливості концептів C_2, C_3, C_4, C_5

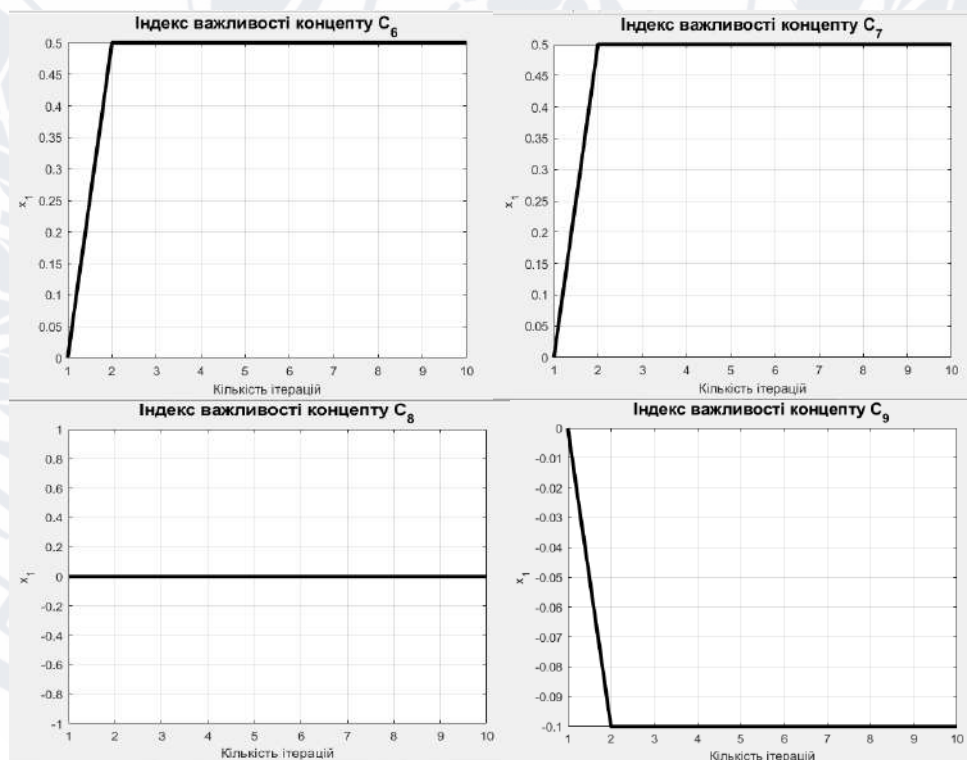


Рисунок 4.9 – Покрокова зміна величини концепту C_1 при обрахунку індексів важливості концептів C_6, C_7, C_8, C_9

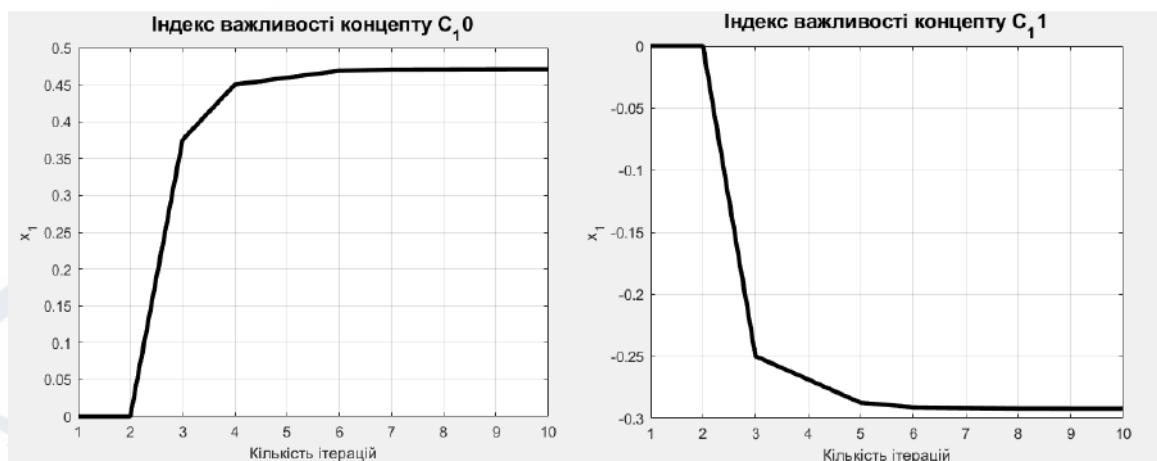


Рисунок 4.10 – Покрокова зміна величини концепту C_1 при обрахунку індексів важливості концептів C_{10} , C_{11}

Ці дані демонструють, що в першу чергу спорт (C_3), а далі контроль споживання (C_6) та збалансоване харчування (C_7) (кожен чинник окремо) мають найбільший (позитивний) вплив на правильну вагу (C_1). Водночас, найбільший негативний вплив має насолода їжею (C_4), в дещо меншій степені лінь (C_2) і нестабільність (C_{11}).

Якщо розглядати парні впливи, то найбільші (та найбільші негативні) з них представлені на рис. 4.11. З діаграми видно, що найсильніші парні впливи складаються з факторів, кожен з яких вже фігурував вище як один з найсильніших.

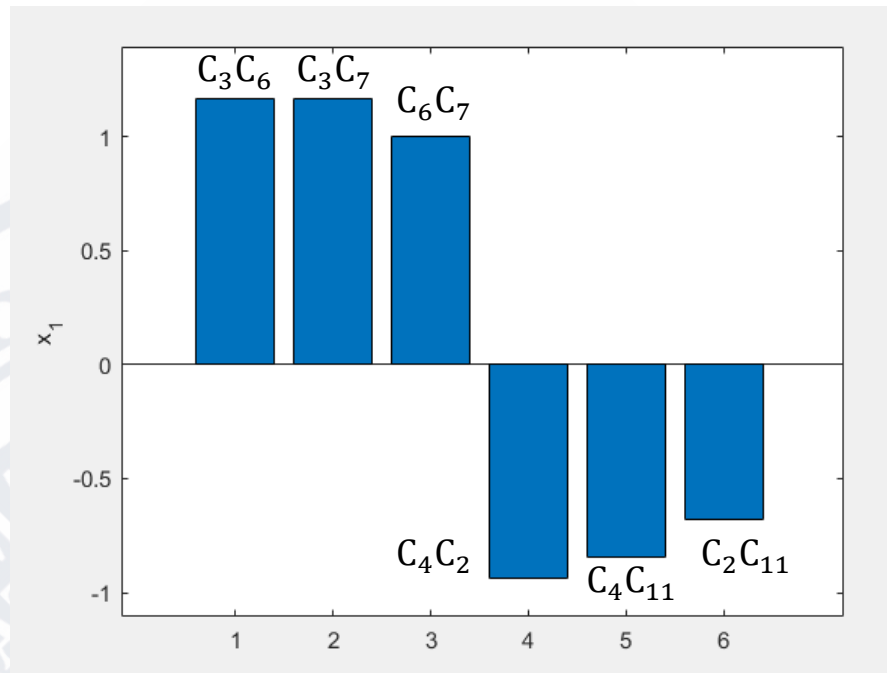


Рисунок 4.11 – Парні впливи на концепт C_1

4.3 Налаштування НКК

Оскільки вихідне значення C_1 Правильна вага в результаті розрахунку НКК може виходити за межі інтервалу $[-1, 1]$, то треба розробити формулу нормування, яка є модифікацією відомої формули нормування з урахуванням, що концепти мають інтервал змін $[-1, 1]$ [37]:

$$\hat{A}_n = 2 \cdot \frac{A_n^l - \underline{A}_n}{\overline{A}_n - \underline{A}_n} - 1 \quad (4.3)$$

Для цього слід знайти мінімальне (максимальне) значення вихідного концепту \underline{A}_n (та \overline{A}_n), які в свою чергу знаходяться шляхом розв'язку задачі оптимізації:

Для заданої W_0 знайти такий $X = [x_1, x_2, \dots, x_{n-1}, x_n = 0]$, $x_i \in [-1, 1]$, який забезпечує мінімум (або максимум для \overline{A}_n):

$$F(X, W_0) \xrightarrow{X} \min \quad (4.4)$$

Якщо вважати вихідним концептом C_1 Правильна вага, то мінімальне значення $\underline{A}_n = -4.467$ досягається, якщо подати на вхід НКК наступну комбінацію (табл. 4.1):

Таблиця 4.1 – Значення концептів, необхідні для досягнення мінімального значення вихідного концепту C_1 Правильна вага

Концепт	Значення
C_1 Правильна вага	-1.0
C_2 Лінь	1.0
C_3 Спорт	-1.0
C_4 Насолода їжею	1.0
C_5 Невпевненість	0.0
C_6 Контроль споживання	-1.0
C_7 Збалансоване харчування	-1.0
C_8 Здоров'я	-1.0
C_9 Пасивність	1.0
C_{10} Сила волі	-1.0
C_{11} Нестабільність	1.0

Максимальне ж значення $\bar{A}_n = 4.467$ відповідно досягається, якщо подати на вхід НКК таку комбінацію (табл. 4.2):

Таблиця 4.2 – Значення концептів, необхідні для досягнення максимального значення вихідного концепту C_1 Правильна вага

Концепт	Значення
C_1 Правильна вага	1.0
C_2 Лінь	-1.0
C_3 Спорт	1.0
C_4 Насолода їжею	-1.0
C_5 Невпевненість	0.0
C_6 Контроль споживання	1.0

Продовження таблиці 4.2

C ₇ Збалансоване харчування	1.0
C ₈ Здоров'я	1.0
C ₉ Пасивність	-1.0
C ₁₀ Сила волі	1.0
C ₁₁ Нестабільність	-1.0

Таким чином, шукана формула нормування має вигляд

$$\hat{A}_n = 2 \cdot \frac{A_n^l - (-4.467)}{4.467 - (-4.467)} - 1 = \frac{A_n^l + 4.467}{4.467} - 1 = \frac{A_n^l + 4.467 - 4.467}{4.467} = \frac{A_n^l}{4.467} \quad (4.5)$$

Для тестування НКК як моделі прогнозування ми використовували експертні оцінки даних вхід-вихід (табл. 4.3), отримані з використанням лінгвістичних термінів з таблиці 3.2. Кожен рядок у таблиці 4.3 був визначений експертно як комбінація рівнів (C₂, C₃, ..., C₁₀) впливових факторів, що призводять до визначеного рівня (C₁) правильної ваги. Експертні оцінки були сформовані автором роботи після дослідження області.

Таблиця 4.3 – Експертні оцінки значень концептів для різних сценаріїв

№	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀	C ₁₁
1	-1	1	-1	0.75	1	-0.75	-1	-1	1	-1	1
2	-0.75	0.75	-0.75	0.75	0.5	-0.5	-0.75	-0.75	0.75	-0.75	0.75
3	-0.5	0.5	-0.5	0.5	0.5	-0.5	-0.5	-0.25	0.5	-0.5	0.5
4	-0.25	0.25	-0.25	0.5	0.25	-0.25	-0.25	-0.25	0.25	-0.25	0.25
5	0	0.25	0	0.5	0	0.25	0	0	0	0	0.25
6	0.25	-0.25	0.25	0.25	-0.25	0.25	0.25	0.25	-0.25	0.25	0
7	0.5	-0.5	0.25	0.25	-0.5	0.5	0.5	0.25	-0.5	0.5	-0.5
8	0.75	-0.75	0.5	0.25	-0.5	1	0.75	0.5	-0.75	0.75	-0.75
9	1	-1	0.5	0.25	-1	1	1	0.75	-0.75	0.75	-1

Визначимо допустимі значення для кожного значення ваги дуг відповідно до п. 2.4. Отримані значення наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Ваги дуг до налаштування та допустимі значення

$w_{i,j}$	До налаштування	Інтервал	
		$\underline{w}_{i,j}$	$\overline{w}_{i,j}$
w_{15}	-0,4	-0,6	-0,2
w_{18}	0,4	0,2	0,6
w_{23}	-0,5	-0,7	-0,3
w_{29}	0,5	0,3	0,7
w_{31}	0,5	0,3	0,7
w_{35}	-0,2	-0,4	-0,05
w_{38}	0,4	0,2	0,6
w_{39}	-0,75	-0,95	-0,55
$w_{3,10}$	0,2	0,05	0,4
w_{41}	-0,2	-0,4	-0,05
w_{46}	-0,4	-0,6	-0,2
w_{47}	-0,3	-0,5	-0,1
w_{61}	0,5	0,3	0,7
w_{71}	0,5	0,3	0,7
w_{78}	0,5	0,3	0,7
w_{85}	-0,1	-0,3	-0,05
w_{91}	-0,1	-0,3	-0,05

Продовження таблиці 4.4

w_{98}	-0.25	-0,45	-0,05
$w_{10,2}$	-0.25	-0,45	-0,05
$w_{10,6}$	0.75	0,55	0,95
$w_{11,3}$	-0.25	-0,45	-0,05
$w_{11,6}$	-0.25	-0,45	-0,05

Наслідуючи метод найменших квадратів, який широко використовується у регресійному аналізі, задачу налаштування НКК на основі спостережень можна виразити як знаходження матриці сил впливу $\mathbf{W}_0 = [w_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, n]$, з урахуванням обмежень $w_{ij} \in [\underline{w}_{ij}, \bar{w}_{ij}]$ та мінімізації суми квадратів відхилень:

$$S(\mathbf{W}_0) = \sum_{p=1}^N (x_{np} - F(\mathbf{X}_p, \mathbf{W}_0))^2 \xrightarrow{\mathbf{W}_0} \min, \quad (4.6)$$

де $\mathbf{X}_p = [x_{1p}, x_{2p}, \dots, x_{n-1p}, x_{np} = 0], p = 1, 2, \dots, N$.

Покрокова зміна суми модулів різниць результатів симуляції та експертної оцінки концепту С1 Правильна вага (після налаштування дуг) продемонстрована на рис. 4.12.

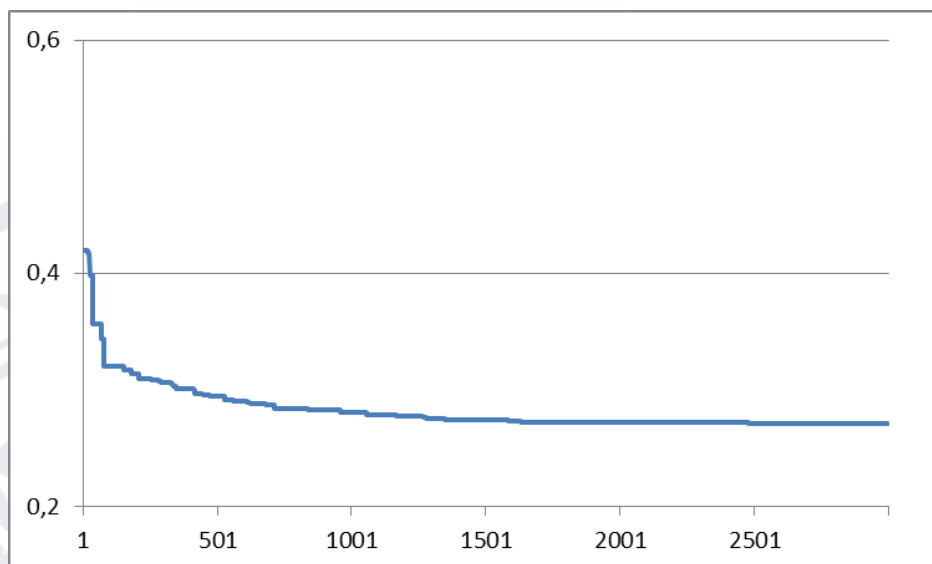


Рисунок 4.12 – Покрокова зміна значення критерію оптимізації

Після налаштування отримали наступну матрицю ваг (сил впливів), яку наведено в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Матриця ваг після налаштування

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}
C_1	0	0	0	0	-0,46	0	0	0,34	0	0	0
C_2	0	0	-0,7	0	0	0	0	0	0,7	0	0
C_3	0,3	0	0	0	-0,06	0	0	0,43	-0,55	0,05	0
C_4	-0,05	0	0	0	0	-0,2	-0,1	0	0	0	0
C_5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C_6	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C_7	0,64	0	0	0	0	0	0	0,65	0	0	0
C_8	0	0	0	0	-0,08	0	0	0	0	0	0
C_9	-0,22	0	0	0	0	0	0	-0,27	0	0	0
C_{10}	0	-0,45	0	0	0	0,94	0	0	0	0	0
C_{11}	0	0	-0,05	0	0	-0,05	0	0	0	0	0

Використовуючи отримані дані, маємо можливість скласти порівняльну таблицю, наводячи ваги дуг до та після налаштування, а також інтервали, що використовувались в процесі налаштування (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 – Ваги дуг до та після налаштування разом з допустимими значеннями

$w_{i,j}$	До налаштування	Інтервал		Після налаштування
		$\underline{w}_{i,j}$	$\overline{w}_{i,j}$	
w_{15}	-0,4	-0,6	-0,2	-0,46
w_{18}	0,4	0,2	0,6	0,34
w_{23}	-0,5	-0,7	-0,3	-0,7
w_{29}	0,5	0,3	0,7	0,7
w_{31}	0,5	0,3	0,7	0,3
w_{35}	-0,2	-0,4	-0,05	-0,06
w_{38}	0,4	0,2	0,6	0,43
w_{39}	-0,75	-0,95	-0,55	-0,55
$w_{3,10}$	0,2	0,05	0,4	0,05
w_{41}	-0,2	-0,4	-0,05	-0,05
w_{46}	-0,4	-0,6	-0,2	-0,2
w_{47}	-0,3	-0,5	-0,1	-0,1
w_{61}	0,5	0,3	0,7	0,7
w_{71}	0,5	0,3	0,7	0,64
w_{78}	0,5	0,3	0,7	0,65
w_{85}	-0,1	-0,3	-0,05	-0,08
w_{91}	-0,1	-0,3	-0,05	-0,22

Продовження таблиці 4.6

w_{98}	-0.25	-0,45	-0,05	-0,27
$w_{10,2}$	-0.25	-0,45	-0,05	-0,45
$w_{10,6}$	0.75	0,55	0,95	0,94
$w_{11,3}$	-0.25	-0,45	-0,05	-0,05
$w_{11,6}$	-0.25	-0,45	-0,05	-0,05

Для використання формули (2.9) для обчислень лінгвістичні терміни були замінені числовими значеннями з таблиці 3.2. Прогнозування рівня виходу (\widehat{A}_1) для різних рівнів входу (A_2, A_3, \dots, A_{10}) виконувалося для кожного рядка таблиці 4.3. Стабільний стан режиму НКК спостерігався при $l = 10$. Значення \underline{A}_1 та \overline{A}_1 , необхідні для обчислення за формулою (4.3), є наступними: $\underline{A}_1 = -4.467$ для $A_i = 0, i = 2, 3, \dots, 10$ і $\overline{A}_1 = 4.467$ для $A_i = 1, i = 2, 3, \dots, 10$.

Порівнюючи експертні оцінки A_1 з Таблиці 4.3 та результати моделювання до налаштування (Таблиця 4.7), ми приходимо до висновку, що середнє абсолютне відхилення (MAD) та середньоквадратична помилка (MSE) становлять:

$$MAD = \frac{1}{11} \sum_{p=1}^{11} |A_{1,p} - \widehat{A}_{1,p}| = \begin{cases} 0.088, & \text{до налаштування} \\ 0.031, & \text{після налаштування} \end{cases}$$

$$MSE = \frac{1}{11} \sum_{p=1}^{11} (A_{1,p} - \widehat{A}_{1,p})^2 = \begin{cases} 0.013, & \text{до налаштування} \\ 0.002, & \text{після налаштування} \end{cases}$$

Враховуючи отримані математичні показники, можемо зробити висновок, що моделювання НКК стало точнішим завдяки налаштуванню, зокрема система після налаштування точніше відображає експертні оцінки для різних сценаріїв.

Таблиця 4.7 – Експертні оцінки та результати моделювання

№	A_1	До налаштування				Після налаштування			
		A_1^l	\hat{A}_1^l	$ \hat{A}_1^l - A_1 $	$ \hat{A}_1^l - A_1 ^2$	A_1^l	\hat{A}_1^l	$ \hat{A}_1^l - A_1 $	$ \hat{A}_1^l - A_1 ^2$
1	-1	-4,205	-0,941	0,059	0,003	-4,451	-0,997	0,003	0,000
2	-0.75	-3,225	-0,722	0,028	0,001	-3,342	-0,748	0,002	0,000
3	-0.5	-2,234	-0,500	0,000	0,000	-2,345	-0,525	0,025	0,001
4	-0.25	-1,254	-0,281	0,031	0,001	-1,236	-0,277	0,027	0,001
5	0	-0,319	-0,071	0,071	0,005	-0,086	-0,019	0,019	0,000
6	0.25	0,769	0,172	0,078	0,006	1,031	0,231	0,019	0,000
7	0.5	1,654	0,370	0,130	0,017	2,038	0,456	0,044	0,002
8	0.75	2,758	0,617	0,133	0,018	3,322	0,744	0,006	0,000
9	1	3,302	0,739	0,261	0,068	3,867	0,866	0,134	0,018
		Σ		0,791	0,119			0,279	0,022
		$\frac{\Sigma}{N}$		0,088	0,013			0,031	0,002

Висновок до розділу 4

Створена нечітка когнітивна карта (НКК) використовується для допомоги людям із зайвою вагою. Модель враховує супутні фактори та психологічні аспекти, сприяючи прийняттю рішень щодо змін у стилі життя.

Проведено моделювання змін вектору стану особи зайвою вагою за допомогою рекурентного співвідношення. Зміни в концептах вказують на погіршення стану здоров'я та психічного благополуччя.

Важливим аспектом є врахування індивідуальних бажань користувачів. Введено поняття «ідеального вектору» для персоналізації системи. Моделювання показує дистанцію до ідеалу, де бажані зміни в стилі життя сприяють поліпшенню стану.

Система рекомендацій може бути покращена, враховуючи конкретні цілі користувача. При введенні порад, таких як зайняття спортом та раціональне харчування, система моделює зміни в стані особи, сприяючи прийняттю обґрунтованих рішень для досягнення поставлених цілей.

Визначено фактори, що впливають на правильну вагу. Використовуючи алгоритм обчислення рангів, встановлено, що спорт, контроль споживання та збалансоване харчування мають найбільший позитивний вплив, тоді як насолода їжею, лень і нестабільність є негативними факторами.

Парні впливи підтверджують сильний вплив раніше ідентифікованих ключових факторів. Ці результати можуть бути використані для подальшого удосконалення системи підтримки прийняття рішень та персоналізації рекомендацій для користувачів.

Розглянуто налаштування НКК. Визначено формулу нормування для вихідних значень. Мінімальні та максимальні значення вихідного концепту визначено через оптимізацію.

Наведено результати налаштування НКК, включаючи матрицю сил впливу та порівняльну таблицю ваг дуг до та після налаштування. Застосовано метод найменших квадратів для підгонки моделі до експертних оцінок. Показано покращення точності моделювання після налаштування, оцінивши середнє абсолютне відхилення та середньоквадратичну помилку.

Отже, налаштування НКК дозволило підвищити точність та відповідність моделі до експертних даних, що підсилює її ефективність в розв'язанні завдань прогнозування.

РОЗДІЛ 5

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Рішення, зокрема модель на базі НКК, викладені в попередніх розділах, можуть бути інтегровані в систему підтримки прийняття рішень для боротьби з зайвою вагою.

Для побудови графіків до цієї роботи застосовувався програмний пакет для дослідників, науковців, математиків та інженерів під назвою MATLAB. Зручний інструментарій з побудови графіків якнайкраще підходить для реалізації задачі.

Основні обрахунки здійснювались за допомогою мови програмування Python та open-source модулю до нього під назвою NumPy. Основні частини програми наведені в додатках. Це функція для обрахунку моделі за рекурентним співвідношенням (додаток А) та функція для обрахунку за рекурентним співвідношенням і побудовою матриці дистанцій (додаток Б).

Програма на даному етапі заточена під те, що інженер вводить дані про користувача власноруч. Це включає початковий вектор, матрицю впливів (готову або визначену користувачем), кількість кроків, та за необхідності вектор ідеального стану.

Висновок до розділу 5

У цьому розділі проведено інтеграцію моделі на основі нечіткої когнітивної карти (НКК) в систему прийняття рішень для управління зайвою вагою. Використання програмних засобів, таких як MATLAB та Python (NumPy), дозволило ефективно обробляти та аналізувати дані. Розроблені функції для обчислень (обрахунок моделі за рекурентним співвідношенням та побудова матриці дистанцій) орієнтовані на забезпечення зручності користувача та ефективного моделювання процесу управління вагою. Програма націлена на введення користувача та може слугувати основою для подальших досліджень у

галузі систем управління здоров'ям та боротьби з зайвою вагою, включаючи дослідження різних стратегій боротьби з ожирінням.



ВИСНОВКИ

Ожиріння та надмірна вага є актуальним об'єктом моделювання, враховуючи стрімке зростання кількості людей з надмірною вагою, а також прогнозами, що передбачають продовження такого зростання. При цьому особливо важливою є допомога у боротьбі з зайвою вагою, застосовуючи методи системного аналізу.

Нечіткі когнітивні карти є ефективним методом моделювання динаміки боротьби з зайвою вагою, враховуючи їх здатність використовувати експертну інформацію та враховувати необмежену кількість факторів. Вони надають можливість враховувати як експертні оцінки, так і результати експериментів, що робить їх ефективним інструментом в системах для аналізу та прогнозування ожиріння. Моделюючи динаміку боротьби з ожирінням, когнітивні карти дозволяють враховувати комплексний характер цього явища. Вони стають основою для розробки інтегрованих підходів до зменшення ваги та підтримки пацієнтів у досягненні своїх цілей.

У випадку даної моделі це дозволяє змоделювати різні сценарії зменшення ваги, використовуючи уявну зміну стартових умов (початкового вектора) та залежностей між концептами. Такі залежності (ваги дуг) можуть бути введені самою людиною, яка має на меті зниження ваги. В такому разі можна буде прослідкувати когнітивні зв'язки між явищами, а також усунути перешкоди, що постають на шляху до зниження зайвої ваги. Також ваги дуг можуть бути введені експертом з медичними знаннями.

Нечіткі когнітивні карти були використані для розробки моделі для боротьби з ожирінням з урахуванням факторів, що впливають на боротьбу з зайвою вагою. Модель містить 11 концептів. За допомогою НКК було продемонстровано можливість підтримки пацієнта, що ставить на меті зниження

своєї ваги, моделюючи різні сценарії з різними початковими даними та залежностями.

Для налаштування нечіткої когнітивної карти використано експертну навчальну вибірку, яка складається з дев'яти сценаріїв, відображаючи різні рівні зростання або зменшення вихідного концепту правильної ваги. В результаті налаштування отримано НКК, що краще відповідає показникам навчальної вибірки. За допомогою НКК були отримані індекси важливості факторів залежно від їхнього впливу на збільшення або зменшення рівня правильної ваги, включаючи парні впливи таких факторів.

Напрямом майбутніх досліджень може стати розширення запропонованої моделі для урахування більшої кількості факторів, більш точне налаштування моделі для боротьби з зайвою вагою, а також розширення моделі до боротьби з іншими негативними явищами в сфері здоров'я.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. World Obesity Atlas 2023 | World Obesity Federation. World Obesity Federation. URL: <https://www.worldobesity.org/resources/resource-library/world-obesity-atlas-2023> (date of access: 09.10.2023).
2. STEPS: Поетапний підхід до нагляду за факторами ризику неінфекційних захворювань в Україні, 2019. URL: https://phc.org.ua/sites/default/files/users/user90/2019_STEPS_presentation.pdf
3. Haslam D. W., James W. P. T. Obesity. The lancet. 2005. Vol. 366, no. 9492. P. 1197–1209. URL: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(05\)67483-1](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(05)67483-1) (date of access: 10.10.2023).
4. Mylytsya, K. N., & Maslov, O. I. (2016). Abdominal obesity as the colorectal adenomas risk factor. Zaporozhye Medical Journal, 18(5). <https://doi.org/10.14739/2310-1210.2016.5.82625>
5. Greer S. M., Goldstein A. N., Walker M. P. The impact of sleep deprivation on food desire in the human brain. Nature communications. 2013. Vol. 4, no. 1. URL: <https://doi.org/10.1038/ncomms3259> (date of access: 10.10.2023).
6. Nutrition and metabolism / ed. by C. S. Mantzoros. Totowa, NJ : Humana Press, 2009. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-60327-453-1> (date of access: 10.10.2023).
7. Rippe J. M. Physical activity and lifestyle medicine. American journal of lifestyle medicine. 2020. P. 155982762097709. URL: <https://doi.org/10.1177/1559827620977092> (date of access: 10.10.2023).
8. Collings. The Future of Lifestyle Medicine for Family Physicians. The Journal of Family Practice. 2022. Vol. 71, (1 Suppl Lifestyle). URL: <https://doi.org/10.12788/jfp.0265> (date of access: 10.10.2023).
9. Merlo G., Vela A. Mental health in lifestyle medicine: a call to action. American journal of lifestyle medicine. 2021. P. 155982762110133. URL: <https://doi.org/10.1177/15598276211013313> (date of access: 10.10.2023).

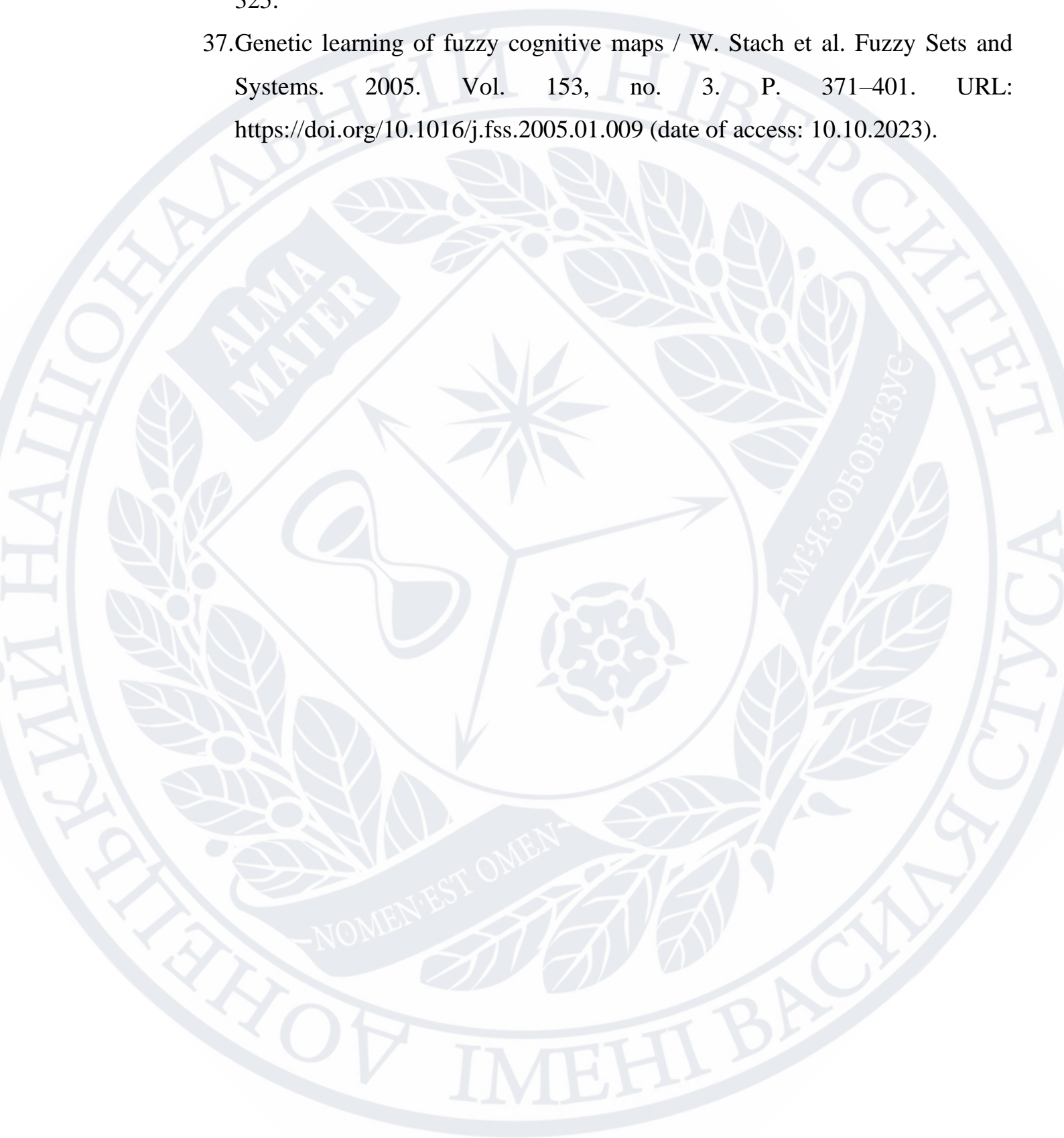
10. Buettner D., Skemp S. Blue zones. *American journal of lifestyle medicine*. 2016. Vol. 10, no. 5. P. 318–321. URL: <https://doi.org/10.1177/1559827616637066> (date of access: 10.10.2023).
11. Effect of cholesterol-lowering diet on mortality from coronary heart-disease and other causes / M. Miettinen et al. *The lancet*. 1972. Vol. 300, no. 7782. P. 835–838. URL: [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(72\)92208-8](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(72)92208-8) (date of access: 10.10.2023).
12. Mosconi L. *Brain Food: The Surprising Science of Eating for Cognitive Power*. Penguin Books, Limited, 2018.
13. Metz M., Hoffmann I. Effects of vegetarian nutrition—a nutrition ecological perspective. *Nutrients*. 2010. Vol. 2, no. 5. P. 496–504. URL: <https://doi.org/10.3390/nu2050496> (date of access: 10.10.2023).
14. Towards a sustainable diet combining economic, environmental and nutritional objectives / M. Donati et al. *Appetite*. 2016. Vol. 106. P. 48–57. URL: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2016.02.151> (date of access: 09.10.2023).
15. How the world could better fight obesity / R. Dobbs et al. McKinsey & Company. URL: <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/how-the-world-could-better-fight-obesity> (date of access: 09.10.2023).
16. Fuzzy cognitive maps as a tool for identifying cognitive conflicts that hinder the adoption of healthy habits / L. A. Saúl et al. *International journal of environmental research and public health*. 2022. Vol. 19, no. 3. P. 1411. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph19031411> (date of access: 10.10.2023).
17. Dias, S.B., Hadjileontiadou, S.J., Diniz, J.A., Barroso, J., Hadjileontiadis, L.J. (2016). On Modeling the Quality of Nutrition for Healthy Ageing Using Fuzzy Cognitive Maps. In: Antona, M., Stephanidis, C. (eds) *Universal Access in Human-Computer Interaction. Users and Context Diversity. UAHCI 2016. Lecture Notes in Computer Science()*, vol 9739. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-40238-3_32

18. Habib S., Akram M. Medical decision support systems based on Fuzzy Cognitive Maps. *International journal of biomathematics*. 2019. Vol. 12, no. 06. P. 1950069. URL: <https://doi.org/10.1142/s1793524519500694> (date of access: 10.10.2023).
19. A review of fuzzy cognitive maps in medicine: taxonomy, methods, and applications / A. Amirkhani et al. *Computer methods and programs in biomedicine*. 2017. Vol. 142. P. 129–145. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2017.02.021> (date of access: 10.10.2023).
20. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. *International journal of man-machine studies*. 1986. Vol. 24, no. 1. P. 65–75. URL: [https://doi.org/10.1016/s0020-7373\(86\)80040-2](https://doi.org/10.1016/s0020-7373(86)80040-2) (date of access: 10.10.2023).
21. Stylios C. D., Groumpos P. P. Modeling complex systems using fuzzy cognitive maps. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics - part A: systems and humans*. 2004. Vol. 34, no. 1. P. 155–162. URL: <https://doi.org/10.1109/tsmca.2003.818878> (date of access: 10.10.2023).
22. Modeling of Russian–Ukrainian war based on fuzzy cognitive map with genetic tuning / A. Rotshtein et al. *The journal of defense modeling and simulation: applications, methodology, technology*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1177/15485129231184900> (date of access: 10.10.2023).
23. Rotshtein A.P., Katelnikov D. I., Kashkanov A.A. A Fuzzy Cognitive Approach to Ranking of Factors Affecting the Reliability of Man–Machine Systems. *Cybernetics and Systems Analysis*, 2019, 55(1), pp. 90-98.
24. Rotshtein A.P., Katelnikov D. I., Fuzzy Cognitive Map vs Regression. *Cybernetics and Systems Analysis*, 2021, 57(1), pp. 605-616.
25. Rothstein A.P., Katelnikov D. I., Pustynnik L., Polin B. Reliability analysis of man–machine systems using fuzzy cognitive mapping with genetic tuning. *Risk Analysis*, 2022. pp 1-19
26. M. Gen and R. Cheng, *Genetic Algorithms and Engineering Design*, John Wiley & Sons, New York (1997)

27. Swinburn, B. A., Caterson, I., Seidell, J. C., & James, W. P. T. (2004). Diet, nutrition and the prevention of excess weight gain and obesity. *Public health nutrition*, 7(1a), 123-146.
28. Swencionis, C., & Rendell, S. L. (2012). The psychology of obesity. *Abdominal Radiology*, 37, 733-737.
29. Robinson, E., Roberts, C., Vainik, U., & Jones, A. (2020). The psychology of obesity: An umbrella review and evidence-based map of the psychological correlates of heavier body weight. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 119, 468-480.
30. Jose, A., & Contreras, J. (2010). The FCM designer tool. In *Fuzzy Cognitive Maps: Advances in Theory, Methodologies, Tools and Applications* (pp. 71-87). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
31. Taber, R. (1991). Knowledge processing with fuzzy cognitive maps. *Expert systems with applications*, 2(1), 83-87.
32. Andres, S. D., & Hochstättler, W. (2015). Perfect digraphs. *Journal of Graph Theory*, 79(1), 21-29.
33. E. I. Papageorgiou, "Learning Algorithms for Fuzzy Cognitive Maps—A Review Study," in *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, vol. 42, no. 2, pp. 150-163, March 2012, doi: 10.1109/TSMCC.2011.2138694.
34. Papageorgiou, E., Stylios, C., & Groumpos, P. (2006). Introducing interval analysis in fuzzy cognitive map framework. In *Advances in Artificial Intelligence: 4th Hellenic Conference on AI, SETN 2006, Heraklion, Crete, Greece, May 18-20, 2006. Proceedings 4* (pp. 571-575). Springer Berlin Heidelberg.
35. Felix, G., Nápoles, G., Falcon, R., Froelich, W., Vanhoof, K., & Bello, R. (2019). A review on methods and software for fuzzy cognitive maps. *Artificial intelligence review*, 52, 1707-1737.
36. Bomberg, E., Birch, L., Endenburg, N., German, A. J., Neilson, J., Seligman, H., ... & Day, M. J. (2017). The financial costs, behaviour and psychology of

obesity: a one health analysis. *Journal of Comparative Pathology*, 156(4), 310-325.

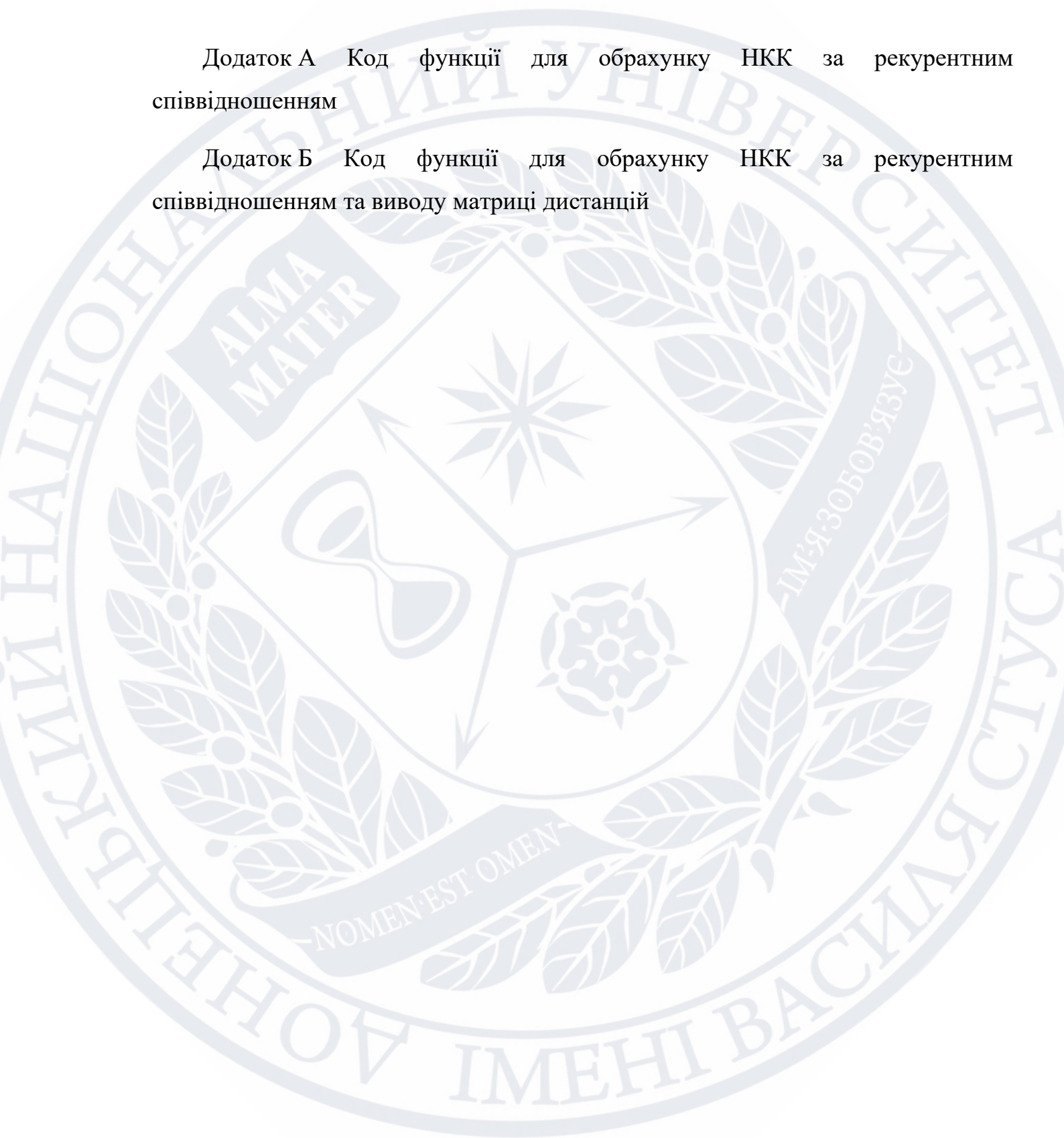
37. Genetic learning of fuzzy cognitive maps / W. Stach et al. *Fuzzy Sets and Systems*. 2005. Vol. 153, no. 3. P. 371–401. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fss.2005.01.009> (date of access: 10.10.2023).



ДОДАТКИ

Додаток А Код функції для обрахунку НКК за рекурентним співвідношенням

Додаток Б Код функції для обрахунку НКК за рекурентним співвідношенням та виводу матриці дистанцій



ДОДАТОК А

Код функції для обрахунку НКК за рекурентним співвідношенням

```
import numpy as np

def activation(start_vector, matrix, num_steps):
    N = matrix.shape[0]

    state0 = np.zeros(N)
    state1 = np.zeros(N)
    state2 = np.zeros(N)

    result_matrix = np.zeros((num_steps + 1, N + 1))

    result_matrix[0, 0] = 1.0

    for k in range(N):
        state0[k] = 0.0
        state1[k] = start_vector[k]
        result_matrix[0, k + 1] = start_vector[k]

    for k in range(num_steps):
        for m in range(N):
            state2[m] = state1[m]
            for t in range(N):
                state2[m] += matrix[t, m] * (state1[t] - state0[t])

        result_matrix[k + 1, 0] = k + 1
        for m in range(N):
            state0[m] = state1[m]
            state1[m] = state2[m]
            result_matrix[k + 1, m + 1] = state1[m]

    return result_matrix
```

ДОДАТОК Б

Код функції для обрахунку НКК за рекурентним співвідношенням та виводу матриці дистанцій

```
import numpy as np

def distance(start, matrix, numsteps, ideal):
    N = matrix.shape[0]

    state0 = np.zeros(N)
    state1 = np.zeros(N)
    state2 = np.zeros(N)

    result_matrix = np.zeros((numsteps + 1, N + 1))

    result_matrix[0, 0] = 1.0

    for k in range(N):
        state0[k] = 0.0
        state1[k] = start[k]
        result_matrix[0, k + 1] = start[k]

    for k in range(numsteps):
        for m in range(N):
            state2[m] = state1[m]
            for t in range(N):
                state2[m] = state2[m] + matrix[t, m] * (state1[t] - state0[t])

    result_matrix[k + 1, 0] = k + 1
```



```
for m in range(N):
    state0[m] = state1[m]
    state1[m] = state2[m]
    result_matrix[k + 1, m + 1] = state1[m]

result_matrix = result_matrix[:, 1:]

num_rows, num_cols = result_matrix.shape

distance_matrix = result_matrix.copy()

for i in range(num_rows):
    for j in range(num_cols):
        if distance_matrix[i, j] > 1:
            distance_matrix[i, j] = 1
        elif distance_matrix[i, j] < -1:
            distance_matrix[i, j] = -1

for i in range(num_rows):
    distance_matrix[i, :] = np.abs(ideal - distance_matrix[i, :])

return distance_matrix
```

ВИТЯГ З ПРОТОКОЛУ

засідання галузевої конкурсної комісії
I туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт
зі «Штучного інтелекту»
від 17 жовтня 2023 року

СЛУХАЛИ:

Про проведення 17 жовтня 2023 року першого туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі штучного інтелекту на кафедрі інформаційних технологій Донецького національного університету імені Василя Стуса, де було представлено 4 студентських наукових роботи.

УХВАЛИЛИ:

На підставі аналізу та оцінки конкурсних робіт конкурсна галузева комісія вирішила визнати переможцем I туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт конкурсу роботу під шифром **«Діагностика ваги»** та рекомендувати роботу до участі у II турі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузі «Штучний інтелект», який буде проводитись на базі Київського політехнічного інституту імені Ігоря Сікорського у листопаді 2023 року.

Голова галузевої конкурсної комісії

Члени галузевої конкурсної комісії



Прихненко М.І.

Прямухіна Н.В.

Зелінська О.В.

ВІДОМОСТІ

про автора (авторів) та наукового керівника наукової роботи

«Діагностика ваги»

(шифр)

Автор

Науковий керівник

- | | |
|--|---|
| 1. Прізвище <u>Новицький</u> | 1. Прізвище <u>Ротшейн</u> |
| 2. Ім'я (повністю) <u>Максим</u> | 2. Ім'я (повністю) <u>Олександр</u> |
| 3. По батькові (повністю) <u>Олександрович</u> | 3. По батькові (повністю) <u>Петрович</u> |
| Повне найменування та
місцезнаходження вищого навчального
закладу, у якому навчається автор
<u>Донецький національний університет</u>
<u>імені Василя Стуса м. Вінниця</u> | 4. Місце роботи, телефон, e-mail
<u>Донецький національний університет</u>
<u>імені Василя Стуса м. Вінниця</u>
<u>+38097-074-23-25</u>
<u>o.rotshtein@donnu.edu.ua</u> |
| 4. Факультет <u>інформаційних і прикладних</u>
<u>технологій</u> | 5. Посада <u>професор</u> кафедри
<u>інформаційних технологій</u> |
| 5. Курс (рік навчання) <u>2 курс</u> | 6. Науковий ступінь <u>д.т.н</u> |
| 6. Результати роботи опубліковано | 7. Вчене звання <u>професор</u> |
| 7. Результати роботи впроваджено _____ | |
- Телефон, e-mail 380934910710, novytskyi.m@donnu.edu.ua

Науковий керівник


(підпис)

Ротшейн О.П.

(прізвище та ініціали)

Автор роботи


(підпис)

Новицький М.О.

(прізвище та ініціали)

Рішенням конкурсної комісії ДонНУ імені Василя Стуса

(найменування вищого навчального закладу)

Студент Новицький М.О. рекомендується для участі

(прізвище, ініціали)

у II турі Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт зі штучного інтелекту.

Голова конкурсної комісії


(підпис)

Прихненко М.І.

(прізвище, ініціали)

17

жовтня 2021 року





ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ КОНКУРС
ЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА НАУКОВА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

СЕРТИФІКАТ

Новицький Максим Олександрович

студент Донецького національного університету імені Василя Стуса

(науковий керівник – Ротштейн Олександр Петрович,
професор кафедри інформаційних технологій)

УЧАСНИКА(ЦІ) ПІДСУМКОВОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВСЕУКРАЇНСЬКОГО КОНКУРСУ СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ РОБІТ ЗІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ
27-30 ЛИСТОПАДА 2023 РОКУ



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



Sikorsky
Challenge
Україна

Голова Конкурсної комісії,
ректор КПІ ім. Ігоря Сікорського



Михайло ЗГУРОВСЬКИЙ

ДЕКЛАРАЦІЯ

про дотримання академічної доброчесності

Я, _____

Повністю вказується ПІБ та статус (посада для працівників, освітня (освітньо-наукова) програма – для здобувачів вищої освіти)

що нижче підписалась/підписався, розуміючи та підтримуючи загальновизнані засади справедливості, доброчесності та законності,

ЗОБОВ'ЯЗУЮСЬ:

дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності, що визначені законодавством України, локальними нормативними актами Донецького національного університету імені Василя Стуса, положеннями, правилами, умовами, визначеними іншими суб'єктами, та не допускати їх порушення.

ПІДТВЕРДЖУЮ:

що мені відомі положення статті 42 Закону України «Про освіту»;
що у даній роботі не представляла/представляв чийсь роботи повністю або частково як свої власні. Там, де я скористалася/скористався працею інших, я зробила/зробив відповідні посилання на джерела інформації;

що дана робота не передавалась іншим особам і подається вперше, не порушує авторських та суміжних прав закріплених статтями 21-25 Закону України «Про авторське право та суміжні права», а дані та інформація не отримувались в недозволеній спосіб.

УСВІДОМЛЮЮ:

що ця робота може бути перевірена університетом на плагіат або інші порушення академічної доброчесності, в тому числі з використанням спеціалізованих сервісів;

що у разі порушення академічної доброчесності, до мене можуть бути застосовані процедури, передбачені законодавством України та Кодексом академічної доброчесності та корпоративної етики Донецького національного університету імені Василя Стуса, іншими локальними нормативними актами університету, та я могу бути притягнута/притягнутий до академічної відповідальності.

(дата)

(підпис)