ДІАГНОСТИКА УСПІШНОСТІ БОРОТЬБИ З ЗАЙВОЮ ВАГОЮ НА ОСНОВІ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ

ДІАГНОСТИКА ВАГИ

ЗМІСТ

ВСТУП 4

РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ 5

1.1 Проблема боротьби з зайвою вагою 5

1.2 Сучасні роботи та поточний стан досліджень в області 7

1.3 Задачі роботи 8

РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА СПІВВІДНОШЕННЯ НЕЧІТКИХ КОГНІТИВНИХ КАРТ 9

2.1 Опис основних властивостей нечітких когнітивних карт 9

2.2 Опис рекурентного співвідношення 10

2.3 Прогнозування вихідного значення системи 12

2.4 Налаштування нечіткої когнітивної карти 13

РОЗДІЛ 3 НЕЧІТКА КОГНІТИВНА КАРТА ДЛЯ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ 15

3.1 Вибір концептів для НКК, присвяченій боротьбі з зайвою вагою 15

3.2 Оцінювання концептів 15

3.3 Взаємні впливи концептів та візуальне відображення 15

3.4 Використання рекурентного співвідношення 18

РОЗДІЛ 4 СЦЕНАРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ БОРОТЬБИ З ЗАЙВОЮ ВАГОЮ 20

4.1 Приклади використання моделі 20

4.2 Ранжування факторів, які впливають на правильну вагу 29

РОЗДІЛ 5 СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ 32

ВИСНОВКИ..... 33

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ..... 34

ДОДАТКИ..... 37

ВСТУП

Протягом останніх десятиліть спостерігається зростання рівня зайвої ваги та ожиріння по всьому світу. 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. 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.

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.

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.

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.

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/м^2 [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 довгожителями, 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.

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 психо-терапевтичної 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.

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" є показником того, що в НКК використовуються різноманітні рівні "підвищення" та "зниження", що представлені числовими значеннями з діапазонів [0, 1] і [-1, 0], і відповідають термам "низький", "середній", "високий" 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 $\left[\underline{x_i}, \overline{x_i}\right]$ і оцінюється функцією належності $\mu_T(x_i))$ значення $x_i \in \left[\underline{x_i}, \overline{x_i}\right]$ до нечіткого терміну T, де $\underline{x_i}(\overline{x_i})$ 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 $x_j = \phi(x_i)$ здобуваємо 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 × 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}:

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

- Початковий стан НКК, який описується вектором

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

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

- Стаціонарний (сталий) стан НКК, що описується вектором

$$\boldsymbol{X}^l = \left[x_1^l, x_2^l, \dots, x_n^l\right] \tag{2.3}$$

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

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

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]:

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

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]:

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

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

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

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

Це співвідношення (2.8) можна виразити у матричній формі:

$$\boldsymbol{X}^{k+1} = \boldsymbol{X}^{k} \oplus (\boldsymbol{X}^{k} \ominus \boldsymbol{X}^{k-1})\boldsymbol{W}_{0}, \quad (2.9)$$

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

$$\boldsymbol{X}^{1} = \boldsymbol{X}^{0} \oplus \boldsymbol{X}^{0}\boldsymbol{W}_{0}.$$

2.3 Прогнозування вихідного значення системи

Розглянемо систему "входи - вихід", де концепт C_nпредставляє 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:

$$\mathbf{X}^{0} = [\mathrm{x}_1^0, \mathrm{x}_2^0, \dots, \mathrm{x}_{n-1}^0, \mathrm{x}_n^0 = 0],\ x_i \in \left[\underline{x_i}, \overline{x_i}\right]. \quad (2.10)$$

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 $\widehat{x_n} = F(\boldsymbol{X_0}, \boldsymbol{W}_0)$ – модель відображення "вхід - вихід" відповідає алгоритму прогнозу, наведеному у розділі 2.3. З використанням цієї моделі та табл. 2.1 обчислюється відхилення [22]

$$\varepsilon_p = x_{np} - \widehat{x_{np}}, p = 1,2,\dots,N, \tag{2.11}$$

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 $\boldsymbol{W}_0. = \left[w_{ij}, i = 1,2,\dots,n, j = 1,2,\dots,n\right]$, з урахуванням обмежень $w_{ij} \in [\underline{w}_{ij}, \bar{w}_{ij}]$ та мінімізації суми квадратів відхилень (2.11) [22]. Іншими словами:

$$S(\boldsymbol{W}_0) = \sum_{p=1}^{N} \left(x_{np} - F\left(\boldsymbol{X}_p, \boldsymbol{W}_0\right)\right)^2 \underset{\boldsymbol{W}_0}{\rightarrow} min, \tag{2.12}$$

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

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

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, 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. 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. Концепті 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. 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. Список лінгвістичних оцінок та їх числових відповідників представлений у таблиці 3.3.

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

Таблиця 3.1 – Концепти НКК та інтервали оцінки

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 3.2 – 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

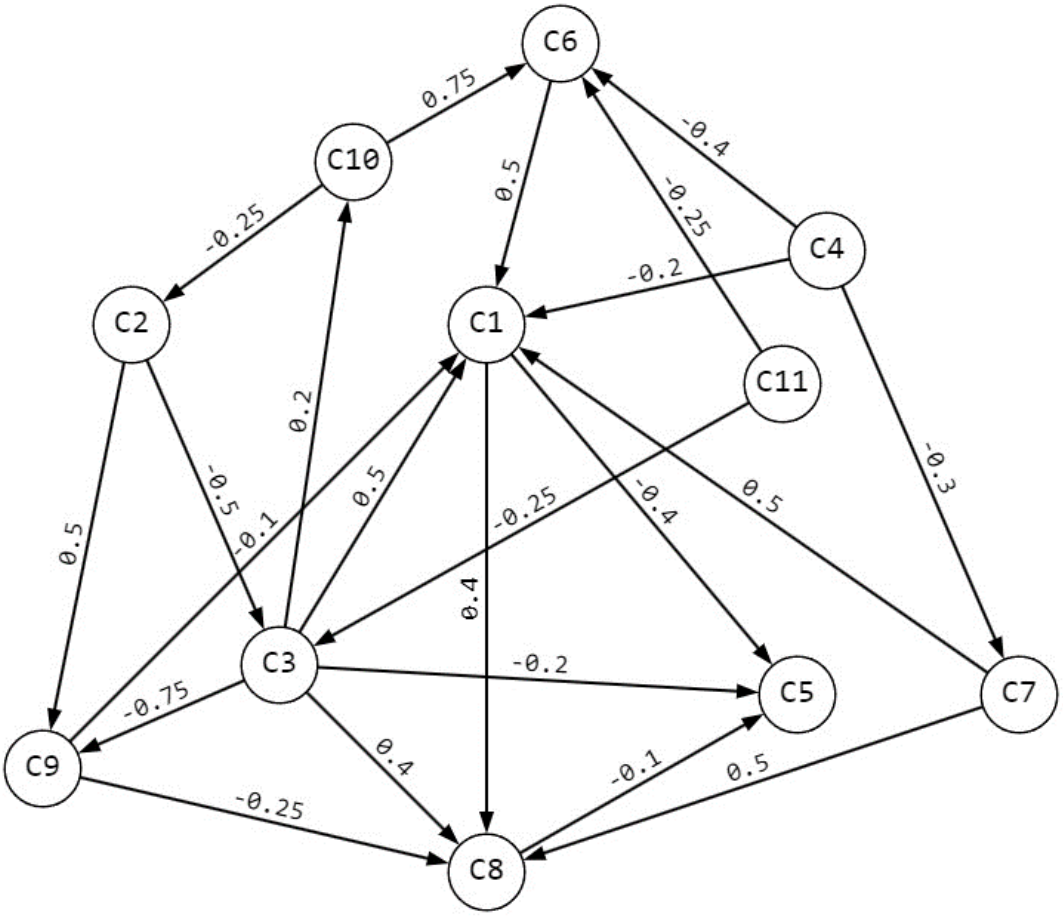

Рисунок 3.1 – граф боротьби з зайвою вагою

Матриця (2.1) сил впливів при цьому має вигляд:

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

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).

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

$$\boldsymbol{X}_0 = [0, 0.5, -0.25, 0.5, -0.25, -0.25, 0.5, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5].$$

Після цього отримаємо результат, визначений вектором

$$\boldsymbol{X}_0 = [-0.51, 0.47, -0.61, 0.5, 0.09, -0.48, 0.35, -0.13, 0.4407, 0.1282, 0.5].$$

Значення $\widehat{x_1} = -0.51$ – 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.

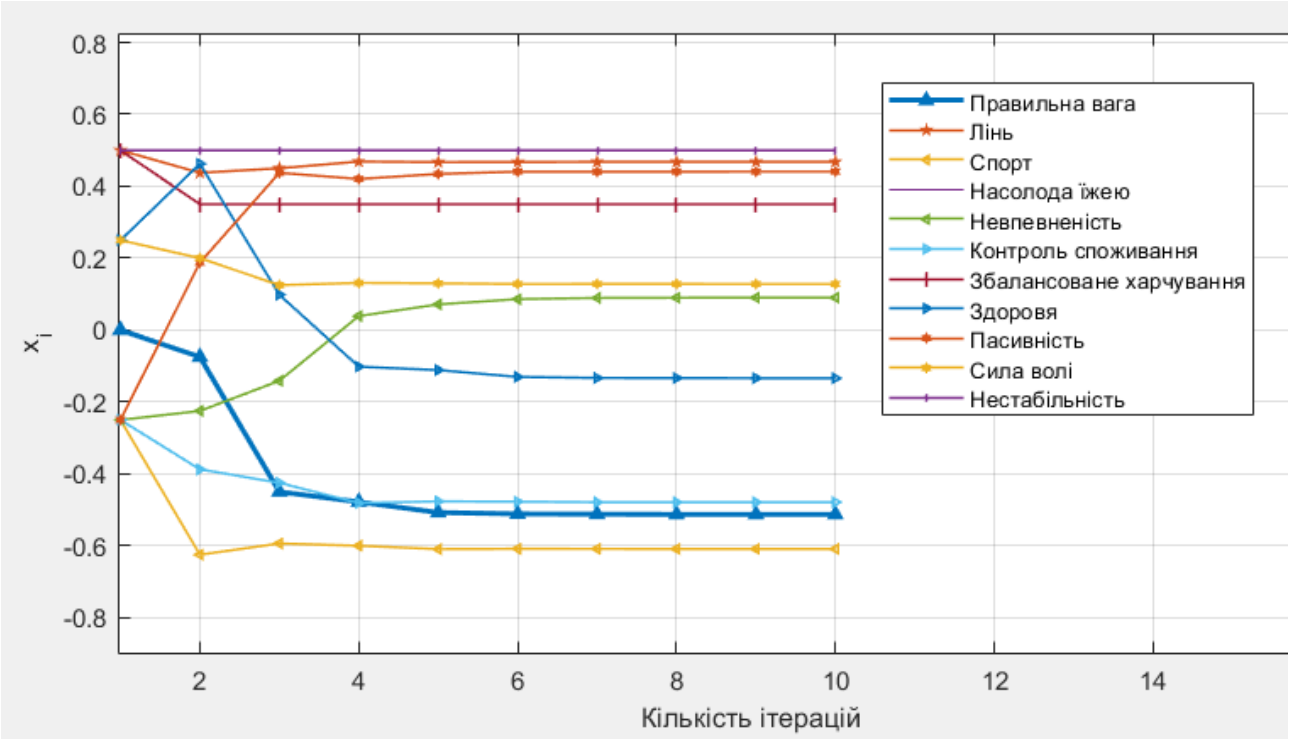

Рисунок 3.2 – Приклад покрокової зміни значень концептів для початкового вектору $\boldsymbol{X}_0 = [0, 0.5, -0.25, 0.5, -0.25, -0.25, 0.5, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5]$

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.

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 переводу оцінок в чисельну площину, отримуємо початковий вектор для системи:

$$\boldsymbol{X}_0 = [-0.75,\ 0.25,\ -0.75,\ 0.5,\ 0.5,\ -0.25,\ -0.25,\ 0,\ 0.25,\ -0.25,\ -0.25]$$

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. Стаціонарний вектор буде мати вигляд:

$$\boldsymbol{X}_0 = [-1.94\quad 0.36\quad -0.87\quad 0.5\quad 1.61\quad -0.7\quad -0.4\quad -1.6\quad 1.08\quad -0.42\quad -0.25]$$

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.

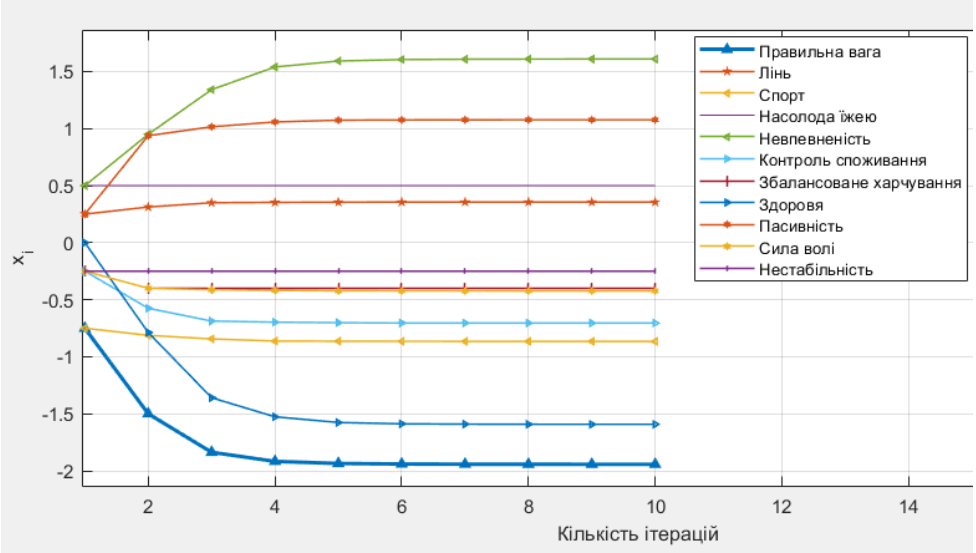

Рисунок 4.1 – моделювання вектору $\boldsymbol{X}_0$ =[-0.75, 0.25, -0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.25, 0, 0.25, -0.25, -0.25]

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:

$$\boldsymbol{X}_0 = [0.75, -0.5, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.75, -0.75, 0.25, 0]$$

Тоді, маючи бажані дані, яких хоче досягти користувач системи, покажемо графік моделювання вектору $\boldsymbol{X}_0$ =[-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).

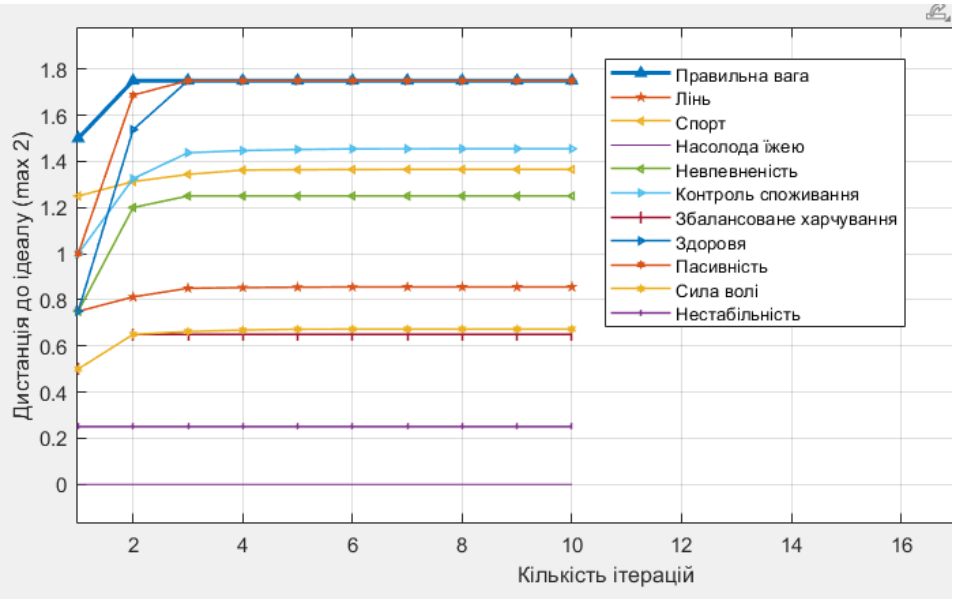

Рисунок 4.2 – моделювання вектору $\boldsymbol{X}_0$ =[-0.75, 0.25, -0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.25, 0, 0.25, -0.25, -0.25] та дистанція цього моделювання до вектору $\boldsymbol{X}_0 = [0.75, -0.5, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.75, -0.75, 0.25, 0]$

Дистанція обраховується наступним чином:

$$\boldsymbol{X}_{0\,\text{дист}} = \left|\boldsymbol{X}_{0\,\text{ідеал}} \ominus \boldsymbol{X}_{0\,\text{поч}}\right|. \quad (4.1)$$

Отже, рис. 4.2 демонструє графік, де найнижчі значення є бажаними, а найвищі – небажаними. Очевидно, присутні проблеми та поточний спосіб життя

уявної персони 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

$$\boldsymbol{X}_0 = [-0.75, 0.25, 0.75, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0, 0.25, -0.25, -0.25].$$

Цільовий вектор не змінився.

Стаціонарний вектор дистанцій матиме вигляд

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

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.

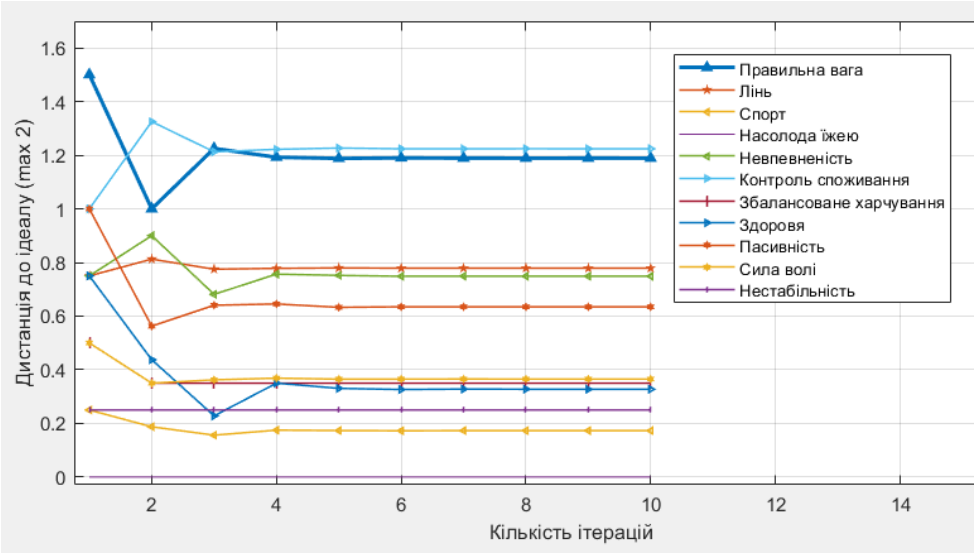

Рисунок 4.3 – моделювання вектору $\boldsymbol{X_0}$ =[-0.75, 0.25, 0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.75, 0, 0.25, -0.25, -0.25] та дистанція цього моделювання до вектору $\boldsymbol{X_0}$ = [0.75, -0.5, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.75, -0.75, 0.25, 0]

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 людину.

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 запустимо

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

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

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

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

Стаціонарний вектор дистанцій складає

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

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

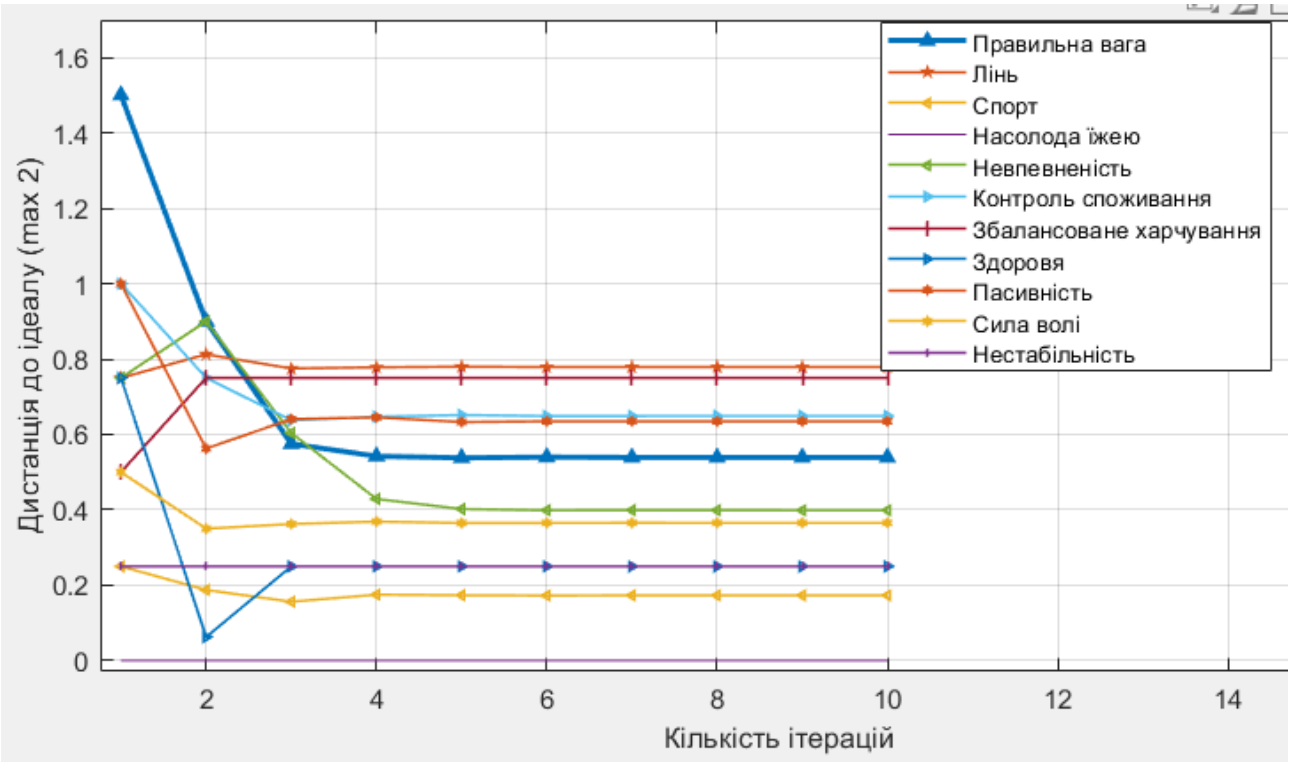

Рисунок 4.4 – моделювання вектору $\boldsymbol{X}_0$ =[-0.75, 0.25, 0.75, 0.5, 0.5, -0.25, -0.75, 0, 0.25, -0.25, -0.25] та дистанція цього моделювання до вектору $\boldsymbol{X}_0$ = [0.75, -0.5, 0.5, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.75, -0.75, 0.25, 0] при змінах у матриці впливів

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:

$$\boldsymbol{X}_0 = [0, 0.5, -0.25, 0.5, -0.25, -0.25, 0.5, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5]$$

Вектор ідеального стану:

$$\boldsymbol{X}_0 = [1, -0.5, 0.5, 0.5, -0.75, 0.75, 0.75, 0.75, -0.5, 0.75, -0.25]$$

Результати обрахунків на рис. 4.5:

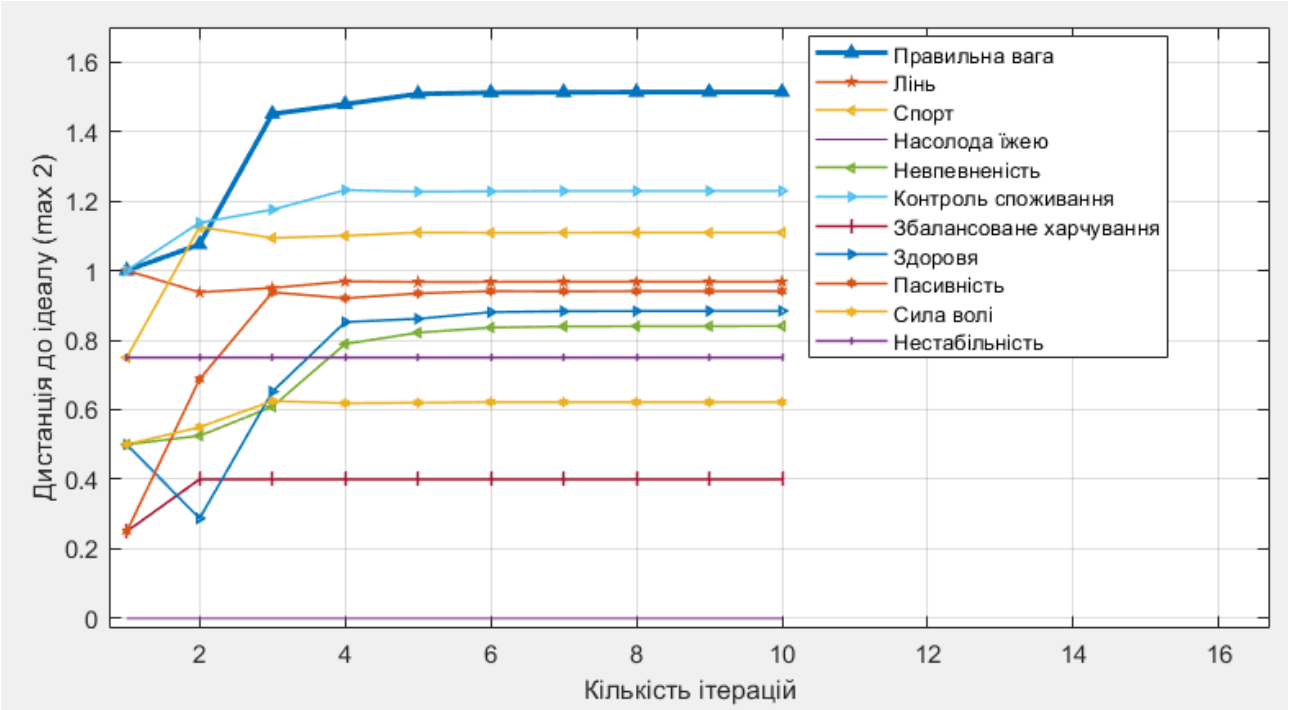

Рисунок 4.5 – моделювання вектору $\boldsymbol{X}_0$ =[0, 0.5, -0.25, 0.5, -0.25, -0.25, 0.5, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5] та дистанція цього моделювання до вектору $\boldsymbol{X}_0$ =[1, -0.5, 0.5, 0.5, -0.75, 0.75, 0.75, 0.75, -0.5, 0.75, -0.25]

Стаціонарний вектор після 10 кроків наступний:

$\boldsymbol{X}_0$ =[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 життю. Подивимось, що буде, якщо привести «Спорт» і «Контроль споживання» до ладу.

Початковий вектор стане

$\boldsymbol{X}_0$ =[0, 0.5, 0.75, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5]

Результат обрахунків у вигляді стаціонарного вектору:

$\boldsymbol{X}_0$ =[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».

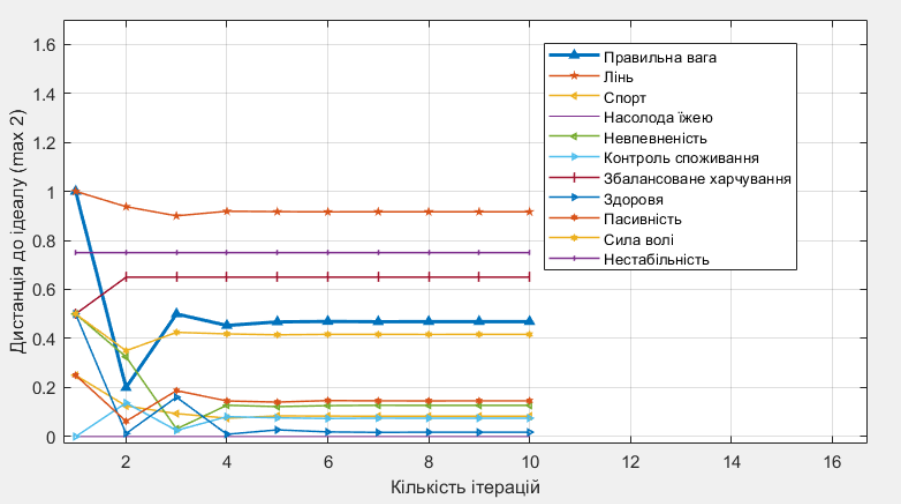

Рисунок 4.6 – моделювання вектору $\boldsymbol{X}_0 = [0, 0.5, 0.75, 0.5, -0.25, 0.75, 0.25, 0.25, -0.25, 0.25, 0.5]$ та дистанція цього моделювання до вектору $\boldsymbol{X}_0 = [1, -0.5, 0.5, 0.5, -0.75, 0.75, 0.75, 0.75, -0.5, 0.75, -0.25]$

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

$\boldsymbol{X}_0$ = [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

$\boldsymbol{X}_0$ = [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:

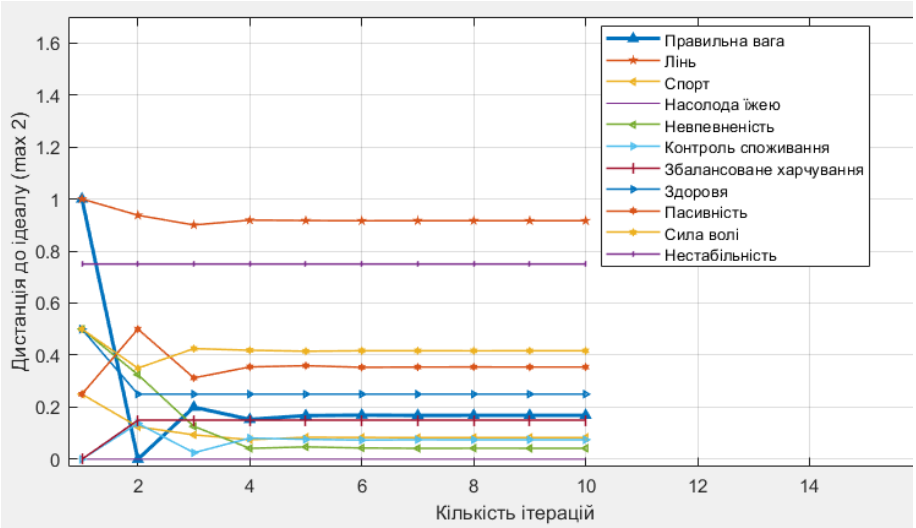

Рисунок 4.7 – моделювання вектору $\boldsymbol{X}_0 = [0, 0.5, 0.75, 0.5, -0.25, 0.75, 0.75, 0.25, -0.75, 0.25, 0.5]$ та дистанція цього моделювання до вектору $\boldsymbol{X}_0 = [1, -0.5, 0.5, 0.5, -0.75, 0.75, 0.75, 0.75, -0.5, 0.75, -0.25]$

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, прирівняємо їх індекси важливості у впливі на C_1 до значень, що відповідають $\widehat{x_1}$ при таких початкових векторах

Вплив концепту C_2: $\boldsymbol{X}_0 = [0,1,0, 0,0,0, 0, 0,0,0,0]$,

Вплив концепту C_3: $\boldsymbol{X}_0 = [0,0,1, 0,0,0, 0, 0,0,0,0]$,

…

Вплив концепту C_{11}: $\boldsymbol{X}_0 = [0,0,0, 0,0,0, 0, 0,0,0,1]$.

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

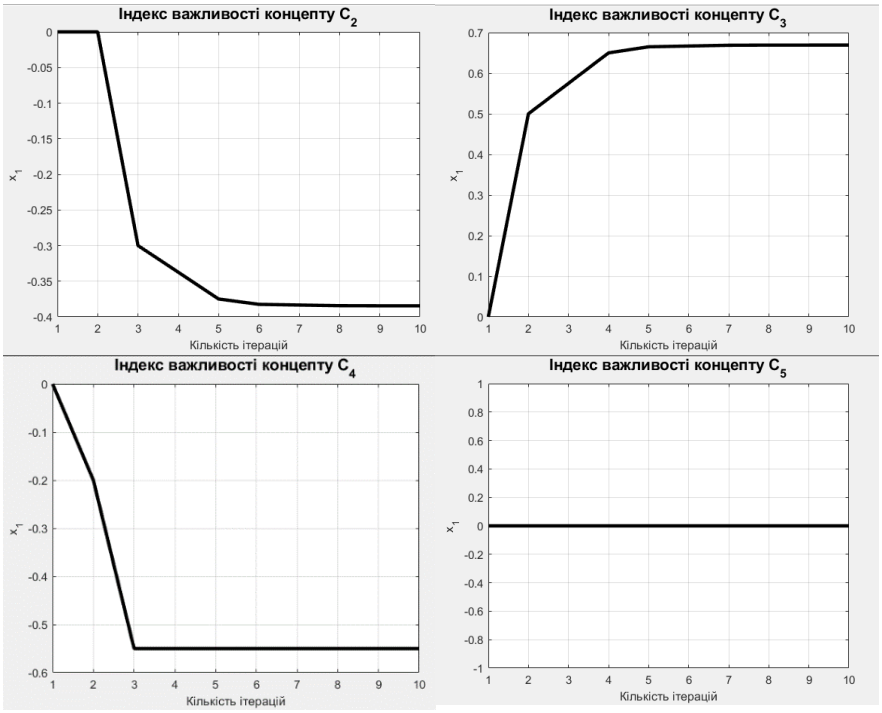

Рисунок 4.8 – Покрокова зміна величини концепту C_1 при обрахунку індексів важливості концептів C_2, C_3, C_4, C_5

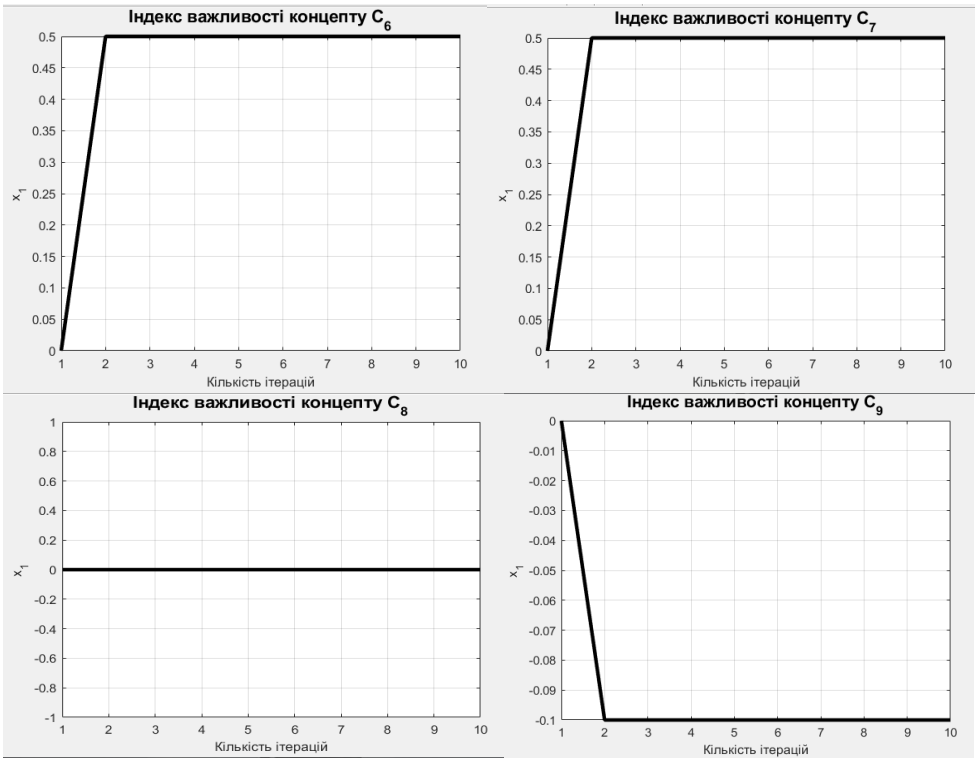

Рисунок 4.9 – Покрокова зміна величини концепту C_1 при обрахунку індексів важливості концептів C_6, C_7, C_8, C_9

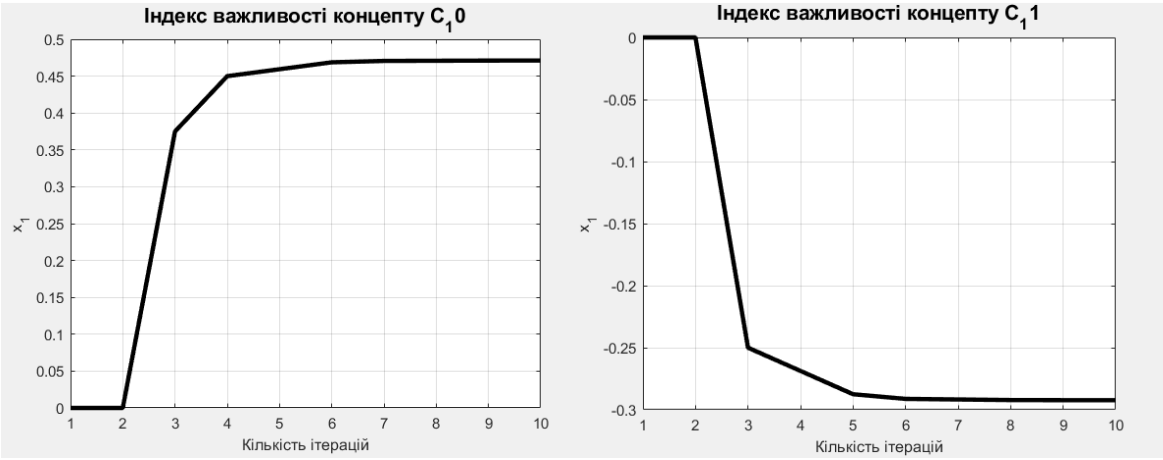

Рисунок 4.10 – Покрокова зміна величини концепту C_1 при обрахунку індексів важливості концептів C_{10}, C_{11}

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.

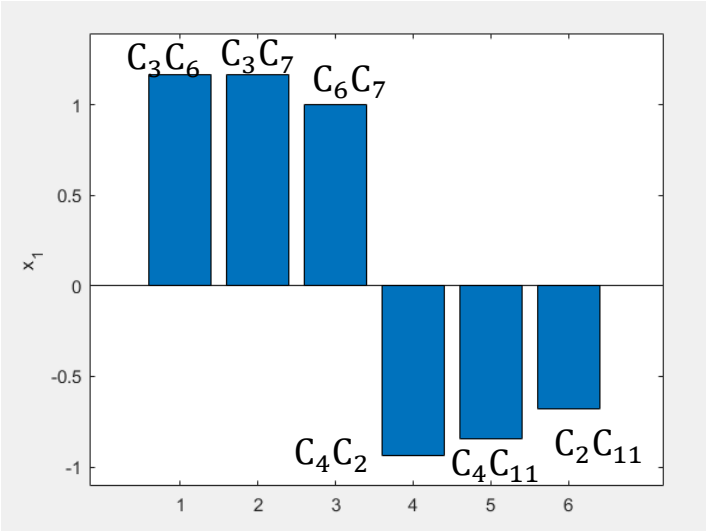

Рисунок 4.11 – Парні впливи на концепт C_1

РОЗДІЛ 5
СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Рішення, зокрема модель на базі НКК, викладені в попередніх розділах, можуть бути інтегровані в систему підтримку 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.

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. 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.

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 (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 (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 (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., Pustylnik L., Polin B. Reliability analysis of man–machine systems using fuzzy cognitive mapping with genetic tuning. Risk Analysis, 2022. pp 1-19

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
```

АНОТАЦІЯ

Допомога у боротьбі з зайвою вагою розглядається як мета, на досягнення якої впливають певні фактори, і які мають властивість змінюватись динамічно. Розглянуто актуальність теми на основі даних про поточну ситуацію в світі та тенденції до загострення проблеми. Система боротьби з зайвою вагою була змодельована за допомогою нечіткої когнітивної карти, що є орієнтованим графом, вершини якого є змінними моделі, а ваги дуг – кількісним відображенням сил впливів цих змінних одна на одну. Було обрано такі фактори, які часто впливають на боротьбу з зайвою вагою та взаємодіють один з одним: правильна вага, лінь, спорт, насолода їжею, невпевненість, контроль споживання, збалансоване харчування, здоров'я, пасивність, сила волі, нестабільність. Сили впливу були підібрані експертним способом на основі нечітких понять та з урахуванням суб'єктивної думки, для досягнення необхідного ефекту пошуку психологічних перешкод у зв'язках «причина-наслідок». Проведено ранжування факторів для розуміння впливу їх впливу на підсумковий результат моделювання. Наочно продемонстровано результати моделювання на основі різних сценаріїв та зміни в моделі за ітераціями. Проведено порівняння отриманих результатів з умовними ідеальними показниками та запропоновано можливе рішення на основі тих факторів, що мають вирішальний вплив на результат. Розроблено програмний код для обчислення результатів моделювання та дистанції до умовних ідеальних показників. Запропоновано напрям подальших досліджень та розробок за цією темою з використанням методу нечітких когнітивних карт.

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

Робота містить: 5 розділів, 30 сторінок, 4 таблиці, 13 рисунків, 25 джерел.